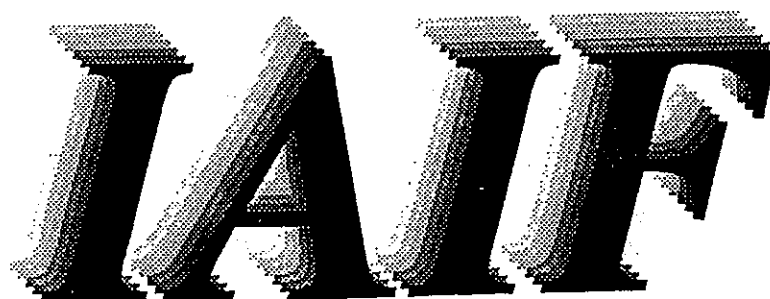
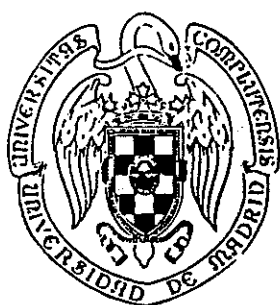


W
58
(OP-98)

**I+D, CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN LOS
PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA, 1960-1995.**

**ADOLFO GUTIÉRREZ DE GANDARILLA SALDAÑA
Y ANA LÓPEZ MARTÍNEZ**

Documento de Trabajo, nº 8. Junio 1998



INSTITUTO DE ANÁLISIS INDUSTRIAL Y FINANCIERO

Edita: Instituto de Análisis Industrial y Financiero. Universidad Complutense de Madrid
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Campus de Somosaguas. 28223
Madrid.

Fax: 3942457

Tel: 3942456

e-mail: ecap213@sis.ucm.es

Imprime: Servicio de Reprografía de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.
UCM.

Este documento puede ser recuperado a través de INTERNET en las siguientes direcciones
This file is available via the INTERNET at the following addresses

<http://www.ucm.es/bucm/cee/iaif>

<http://netec.mcc.ac.uk/WoPEc.html>

I+D, CAPITAL HUMANO Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN LOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA, 1960-1995.

ADOLFO GUTIÉRREZ DE GANDARILLA SALDAÑA* Y ANA LÓPEZ.

*Departamento de Economía Aplicada II e
Instituto de Análisis Industrial y Financiero.
Universidad Complutense de Madrid.



1. Introducción*

En el ya dilatado debate sobre el crecimiento económico, habría que remontarse hasta los primeros clásicos si se quieren encontrar las referencias iniciales que los economistas hacen al mismo¹. Así, Adam Smith, David Ricardo o Thomas Malthus fijaron conceptos clave de esta rama del estudio económico tales como los de rendimientos decrecientes y su relación con la acumulación de capital, o la relación entre progreso técnico y especialización del trabajo. Sin embargo, las inquietudes en esta disciplina económica no se han manifestado de forma continua. Así, hay que esperar al desarrollo que experimentaron las ciencias matemáticas, sobre todo en lo referente a la optimización, para que estas preocupaciones reaparezcan en los economistas de las décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial². Siguiendo a Robert M. Solow (1994) surgen tres tradiciones de análisis sucesivas³:

1.- Debida a los trabajos de Roy F. Harrod (1948) y Evsey D. Domar (1947). El interés que mueve a ambos autores es el de dinamizar las teorías de Keynes.

2.- A partir de los trabajos de Robert M. Solow (1956) y Trevor W. Swan (1956), que implantaron el que se ha venido llamando modelo neoclásico de crecimiento (En el apéndice A se encuentra desarrollado brevemente). Consideremos aquí algunas de sus conclusiones. En primer lugar, el supuesto de rendimientos decrecientes de los factores acumulables tenía como consecuencia desalentadora el hecho de que el crecimiento a largo plazo debido a la acumulación de capital era insostenible. Una segundo resultado que se deduce del modelo se basa en el denominado "Residuo de Solow", según el cual, el progreso técnico era la principal causa que explicaba el crecimiento observado en las diferentes economías, dejando en un segundo término la acumulación de capital, y por lo tanto, el ahorro. En tercer lugar, y quizás lo más importante, la capacidad de actuación sobre el crecimiento económico por parte de los

* Queremos agradecer a Mikel Buesa, Catedrático del departamento de Economía Aplicada II de la Universidad Complutense, su desinteresado y continuo apoyo, consejos y ayuda. Asimismo queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento a Rafael Myro y Antonio Fonfria, Catedrático y profesor respectivamente, del mismo departamento, por su incondicional ayuda. No obstante, los errores que puedan subsistir son de nuestra responsabilidad.

¹ Por crecimiento económico debe considerarse "el incremento mantenido a largo plazo del producto por persona y por trabajador, acompañado de cambios estructurales", según la ya universalmente aceptada formulación de Kuznets (1966).

² No obstante, entre ambos periodos surgen, como desarrollo a la macroeconomía Keynesiana los trabajos debidos a Harrod y Domar. Para un tratamiento simplificado de estos modelos véase Galindo (1994). Asimismo, son destacables las aportaciones de Ramsey, Young o Schumpeter. Será precisamente el Concepto de "Destrucción Creadora" de este último un aspecto fundamental de modelos posteriores en los que se introduce I+D.

³ En Sen (1970) se puede encontrar un buen compendio de modelos de crecimiento.

11000-53-3146185

NE-531058628

economistas era prácticamente nula, ya que en última instancia, éste dependía de factores que se determinaban de forma exógena.

3.- A partir de los trabajos de Paul Romer (1986)⁴ y Robert Lucas (1988), que de alguna manera trataban de paliar las consecuencias adversas que para los economistas tienen las conclusiones de los modelos neoclásicos⁵. A esta tercera corriente se le ha denominado *Nuevas Teorías del Crecimiento* o *Teorías de Crecimiento Endógeno*, debido a que tratan de endogeneizar las variables que aparecen como determinantes para el crecimiento económico, que hasta ese momento se habían tomado como exógenas. Dentro de esta línea podemos encontrar a su vez dos grupos de trabajos:

- a) Aquellos modelos que generan tasas de crecimiento positivas a largo plazo eliminando el supuesto de rendimientos decrecientes a escala, a través de la consideración de las externalidades o introduciendo la variable de capital humano.
- b) Aquellos que utilizan el entorno de competencia imperfecta en los que la tasa de inversión en I+D de las empresas genera progreso técnico de forma endógena.

Por otra parte, la controversia en lo referente a la convergencia, ya sea σ o β ⁶, ha dado lugar a grupos de trabajos replicándose los unos a los otros. De esta forma, a la convergencia defendida por los de corte neoclásico respondían los de crecimiento endógeno negándola⁷. Entre los neoclásicos se encuentra uno debido a Mankiw, Romer y Weil (En adelante MRW) de 1992⁸, que para nuestro propósito va a tener una especial importancia, y que más tarde pasaremos a detallar.

Es a mitad de camino entre estas corrientes donde encuadraremos nuestro trabajo. De esta forma, procederemos a incluir en el modelo MRW una variable típica de los modelos de crecimiento endógeno, la I+D.

Con este fin, en el epígrafe dos, se realiza un detallado tratamiento del "Modelo de Solow Ampliado", dejando para el tercero el desarrollo matemático y de los fundamentos teóricos que conlleva la introducción de la variable de I+D en el "Modelo de Referencia".

El epígrafe cuatro se divide en dos apartados. Por una parte, contrastamos el modelo MRW para los países de la UE-12 y en un espacio temporal que abarca desde 1960 hasta 1995; y por otra, incluida la variable I+D, procedemos a contrastar de nuevo el modelo.

⁴ En realidad este trabajo de Romer fue escrito como tesis doctoral en 1983.

⁵ En particular la referida a la escasa capacidad de actuación sobre los determinantes del crecimiento.

⁶ Diremos que existe convergencia β si las economías pobres crecen más que las ricas. Por su parte, la convergencia σ recoge si la dispersión de la renta real per capita de un grupo de economías tiende a reducirse a lo largo del tiempo.

⁷ Es por esta controversia por la que surgen los conceptos de convergencia absoluta y condicionada. La primera no toma en consideración las individualidades de los países, por lo que todos convergen; la segunda si las tiene en cuenta, por lo que sólo convergen aquellos que posean características similares. Esta última es la que defienden los trabajos neoclásicos.

⁸ En este trabajo se propone un modelo que ha recibido el nombre de *Modelo de Solow Ampliado* debido a que introducen una variable de capital humano, por lo que lo denominaremos así o Modelo MRW indistintamente, a partir de ahora.

A propósito de los resultados obtenidos en las secciones anteriores se procede a calcular, en el epígrafe cinco, las contribuciones que los diferentes factores poseen sobre el crecimiento de la renta.

Para finalizar el análisis empírico, en el epígrafe sexto se procede a estimar bajo las indicaciones de la econometría de series temporales.

En último lugar, se expondrán las conclusiones y futuras líneas de investigación.

2. Modelo de Mankiw, Romer y Weil.

El interés por el papel del capital humano en la literatura del crecimiento no comienza con el trabajo de Mankiw, Romer y Weil (1992); muy al contrario, se pueden encontrar ya referencias a principios de los años 60. En este sentido podemos ver como Uzawa (1965) admite dos posibles asignaciones para el factor trabajo, producción y educación, de forma tal que considerando las condiciones de partida de las economías, las sendas de crecimiento equilibrado dependen de la asignación entre ambas ocupaciones. Por su parte Krueger (1968) consigue explicar más de la mitad de las diferencias entre los niveles de ingreso de EE.UU y un grupo de países menos desarrollados a través de tres variables asociadas al concepto de capital humano.

Por otro lado, Easterlin (1981) fundamenta la ausencia de difusión del crecimiento a través de las economías por la falta de asimilación del cambio tecnológico asociado al diferente stock de capital humano entre países. En una revisión de los trabajos neoclásicos, Lucas (1988) propone dos funciones de acumulación de capital humano, una siguiendo a Arrow (1962) y otra en la que éste produce efectos internos y externalidades y en la que el nivel del capital humano individual se determina como un ejercicio de maximización de utilidad por parte del trabajador. Posteriormente, Azariadis y Drazen (1990) encuentran evidencia sobre la existencia de diferencias importantes en la tasa de crecimiento de la renta per capita en las economías, cuando la única disimilitud significativa entre ellas se haya en la cualificación de los trabajadores.

En cualquier caso, la intención de MRW, es doble. Por un lado, *contrastan el Modelo de Solow con la evidencia empírica suficiente para sopesar el alcance real que podía tener dicha teoría* en dos aspectos: el primero se refiere a las variables de las que depende el crecimiento, y el segundo, que trataremos posteriormente, el de la convergencia. Para ello utilizan la base de datos construida por Summers y Heston (1988)⁹ que cubre el período que va desde 1960 a 1985.

En el primer aspecto, la conclusión a la que llegan es que si bien el modelo predice con bastante acierto qué variables y en qué sentido van a influir en el crecimiento, y a la postre en el estado estacionario¹⁰, no se puede decir lo mismo de las magnitudes con las que lo hacen. *En concreto, las estimaciones de las influencias que se obtienen en él, están sesgadas al alza.* La posible causa a la que apuntan MRW es la omisión que se hace de una variable importante: el

⁹ Esta base de datos representa un paso adelante en la consecución de lo que Summers y Heston denominan *El Sistema Real de Cuentas Nacionales*, fundamental para la comparación internacional. Más adelante destacaremos algunos aspectos significativos de la misma.

¹⁰ El concepto Estado Estacionario es común en la literatura del crecimiento y hace referencia a la situación en la que en una economía las tasas de variación de sus variables definidoras lo hacen de forma constante.

capital humano. De esta forma, *su segundo objetivo es la introducción de esa variable a fin de mejorar la calidad del modelo de Solow*. Pese a un desarrollo teórico impecable, en su tratamiento empírico se pueden encontrar algunas deficiencias. Así, el capital físico no resulta significativo en algunos de los contrastes que realizan, igual que ocurre con el capital humano en la ecuación utilizada para contrastar la convergencia. En los apartados posteriores se expone un tratamiento exhaustivo de éstas y otras cuestiones similares. En cualquier caso, veamos la argumentación de MRW. Parten de la función de producción:

$$Y(t) = K(t)^\alpha H(t)^\beta (A(t)L(t))^{1-\alpha-\beta} \quad (1)$$

En la que $Y(t)$ es el nivel de renta, $K(t)$ es el stock de capital físico, $H(t)$ el de capital humano, $(A(t)L(t))$ son las unidades eficientes de trabajo y, α y β las respectivas elasticidades.

El ahorro alcanzado se divide en formación de capital físico (s_k) y humano (s_h), de forma que la evolución de la economía se determina por:

$$\dot{k}(t) = s_k y(t) - (n+g+\delta)k(t), \quad (2.a)$$

$$\dot{h}(t) = s_h y(t) - (n+g+\delta)h(t), \quad (2.b)$$

Siendo $\dot{k}(t)$ y $\dot{h}(t)$ las variaciones de los stocks de capital físico y humano en el tiempo, $y(t)$ la renta y $(n+g+\delta)$ las tasas de crecimiento de la población, la del cambio técnico y la tasa de depreciación. Expresado en términos de unidades efectivas de trabajo y asumiendo la misma función de producción para el capital humano y físico, que ambos capitales se deprecian a la misma tasa δ y que $\alpha+\beta < 1$.

Conforme a todo esto, el estado estacionario queda definido por

$$k^* = \left(\frac{s_k^{1-\beta} s_h^\beta}{n+g+\delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}} \quad (3.a)$$

$$h^* = \left(\frac{s_k^\alpha s_h^{1-\alpha}}{n+g+\delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}} \quad (3.b)$$

Donde la variable con asterisco representa el valor de la misma en el estado estacionario. Sustituyendo en la función de producción y tomando logaritmos deducimos la función que relaciona la renta per capita y sus determinantes:

$$\ln \left[\frac{Y(t)}{L(t)} \right] = \ln A(0) + gt - \frac{\alpha + \beta}{1 - \alpha - \beta} \ln(n+g+\delta) + \frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta} \ln(s_k) + \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta} \ln(s_h) \quad (4)$$

Llama la atención que en la misma ecuación aparezca "g" en un término positivo y otro negativo. La razón se encuentra en que no están reflejando lo mismo. En el primer caso representa el stock de conocimientos científicos básicos que existe y que, como es lógico, afecta positivamente al nivel de renta de la sociedad y a la capacidad de ésta para incrementarla. En el segundo, lo que refleja es el montante de ahorro que estamos detrayendo de nueva inversión para, o bien internalizar ese stock de conocimientos, o bien para que no se deprecie, lo que no deja de limitar el uso de los recursos. En cualquier caso, en las ecuaciones

estimadas por MRW se considera que estamos en el período "0" y el problema desaparece. Por otra parte, el modelo contempla que α será 1/3 y β estará entre 1/3 y 1/2¹¹. Una forma alternativa de presentar la misma ecuación consiste en combinar (4) y la ecuación del estado estacionario para el capital humano (3.b):

$$\ln \left[\frac{Y(t)}{L(t)} \right] = \ln A(0) + gt + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(s_k) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n+g+\delta) + \frac{\beta}{1-\alpha} \ln(h^*) \quad (5)$$

El utilizar una u otra expresión dependerá de la disponibilidad de datos sobre el capital humano que poseamos. Así, si lo que tenemos son datos del stock de capital, utilizaremos la ecuación (5), en caso contrario aplicaremos la ecuación (4).

Por su parte, MRW utilizan una proxy para el capital humano consistente en medir el porcentaje de personas en edad de trabajar que están matriculadas en educación secundaria. Con estos datos, proceden a estimar la ecuación (4), obteniendo los siguientes resultados:

Estimación del Modelo de Solow Aumentado		
Variable dependiente: Log PIB por persona en edad de trabajar en 1985		
Muestra	OCDE	
Observaciones	22	
Variables:	Coefficientes	Desviación típica
Constante	8,63	(2,19)
Ln (I/PIB)	0,28	(0,39)
Ln (n + g + δ)	-1,07	(0,75)
Ln (COLEGIO)	0,76	(0,29)
R ² ajustado	0,24	
Error Estándar	0,33	

Ln (I/PIB) representa el capital físico y está calculado como el porcentaje medio entre 1960-85, Ln (n+g+ δ) la tasa de crecimiento de la población más la depreciación más el cambio técnico, también en medias, y Ln (COLEGIO) el capital humano. Tomado de Mankiw, Romer y Weil (1992).

Vemos como la inclusión de la variable de capital humano es significativa y muestra un tamaño de 0,76. A su vez, reduce el coeficiente estimado del capital físico (0,28) y mejora la capacidad explicativa del modelo de Solow que ellos mismos estiman en este trabajo (0,5 fue el coeficiente del capital físico y 0,01 la bondad del ajuste), lo que, recordemos, está acorde con las hipótesis formuladas.

Aunque el análisis de estos autores sobre el tema tratado es más extenso, con lo expuesto hasta ahora es suficiente para nuestros propósitos. En lo que sigue nos vamos a ocupar del otro aspecto fundamental, el referido a la convergencia.

Partiendo de la ecuación que relaciona la derivada de la renta per capita en el tiempo con el nivel de la misma en el estado estacionario y en el momento t:

¹¹ Las predicciones están en función de las contribuciones de los factores. Así, α se espera que sea de 1/3. Sin embargo β , presenta algunas dificultades. Para EE.UU se ha calculado entre 1/2 y 1/3 (Mankiw, Romer y Weil, 1992).

$$\frac{dLn(y(t))}{dt} = \lambda [Ln(y^*) - Ln(y(t))] \quad (6)$$

Donde λ representa la velocidad de convergencia, esto es, el tiempo que tardamos en recorrer la distancia que nos separa del estado estacionario, y cuyo valor es:

$$\lambda = (n+g+\delta)(1-\alpha-\beta)$$

Notación que ya conocemos, obtienen la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} Ln(y(t)) - Ln(y(0)) = & (1 - e^{-\lambda t}) \frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta} Ln(s_k) + (1 - e^{-\lambda t}) \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta} Ln(s_h) \\ & - (1 - e^{-\lambda t}) \frac{\alpha + \beta}{1 - \alpha - \beta} Ln(n+g+\delta) - (1 - e^{-\lambda t}) Ln(y(0)) \end{aligned} \quad (7)$$

Expresión en la que la única notación novedosa es $Ln(y(0))$, que representa el logaritmo del nivel de renta per capita en el momento inicial. Esta expresión la utilizan para aportar alguna luz al dilema "convergencia-no convergencia". En concreto tratan de demostrar que la *convergencia condicional* sí se observa en la realidad¹². Los resultados que obtienen son los siguientes:

Contraste para la convergencia condicional		
Variable dependiente: Log de la diferencia del PIB por persona en edad de trabajar entre 1960-1985		
Muestra	OCDE	
Observaciones	22	
Variables:	Coefficientes	Desviación típica
Constante	2,81	(1,19)
Ln (I/PIB)	0,335	(0,174)
Ln (n + g + δ)	-0,844	(0,334)
Ln (COLEGIO)	0,223	(0,144)
Ln (Y60)	-0,398	(0,070)
R ² ajustado	0,65	
Error Estándar	0,15	
Ln (I/PIB) representa el capital físico, calculado como media del período 1960-85, Ln (n+g+ δ) la tasa de crecimiento de la población más la depreciación más el cambio técnico, también en media, Ln (COLEGIO) el capital humano y Ln(Y60) la renta en el momento inicial. Tomado de Mankiw, Romer y Weil (1992).		

Se puede apreciar, a partir de estos resultados, que el coeficiente de la renta per capita inicial (-0,398) es significativo y negativo, lo que avala la hipótesis de la convergencia condicionada. El ajuste del modelo (0,65) es satisfactorio.

Basándonos en todo lo anterior, en la sección cuatro realizamos el mismo ejercicio para los países de la UE-12, y con un horizonte temporal que abarca hasta 1995.

¹² Desde el punto de vista de MRW, este tipo de convergencia es la única atribuible a las predicciones del modelo de Solow.

3. Modelización con la inclusión de la variable de I+D¹³

El interés por la inclusión de la I+D como variable explicativa no recae en la determinación del nivel óptimo de la misma, ni en las características estructurales que son necesarias para su aparición. Por el contrario, con la inclusión de esta variable en la forma en la que se pretende, lo que se intenta recoger es la influencia que la realización de actividades investigadoras puede tener en el nivel de renta, en el estado estacionario y en la velocidad de convergencia al mismo, apartándonos de lo se ha venido considerando hasta ahora, esto es, que produzca nuevos productos o mejore a los ya existentes. En definitiva, lo que se defiende, es la *relevancia de la actividad investigadora en sí misma, con independencia de los mejores o peores resultados*.

Lo anterior encuentra su justificación si se considera el carácter *tácito y acumulativo* que estas actividades poseen (Para un tratamiento pormenorizado véase Dosi, G. 1988 y Freeman, Ch. 1982). Así, no sólo influye sobre el cambio técnico, en el sentido de que incrementa la eficiencia del capital físico por encontrar nuevos productos, procesos o mejorar los existentes, sino que proporciona una *capacidad de asimilación* que afecta al capital humano en su desarrollo y participación en la renta. En conclusión, no solo las actividades investigadoras que son exitosas van a tener un reflejo sobre la renta.

Por otra parte, parece lógico pensar, que la cuantía de recursos empleados en I+D, si es una característica propia de cada país, venga de alguna forma determinada por la propia dinámica económica. Así, partimos de la función de producción de MRW incluyendo dicha variable en la forma siguiente:

$$Y = K^{\alpha} H^{\beta} D^{\gamma} (AL)^{1-\alpha-\beta-\gamma} \quad (8)$$

Donde la única notación novedosa es la "D", que representa el stock de capital de I+D, y γ , que es su respectiva elasticidad respecto a la producción. Al igual que ocurriera antes con el capital físico y el humano, que competían por el ahorro, ahora se incorpora la inversión en I+D, de forma que son tres los conceptos entre los que se distribuye la constante de ahorro,

¹³ El tratamiento endógeno de la I+D lo podemos agrupar en torno a: 1) El que considera que el progreso técnico toma la forma de un incremento en el número de productos o bienes de capital (sería lo mismo considerar bienes de consumo) disponibles, como factores de producción. Entre ellos encontramos que Romer (1987) trata de modelizar dinámicamente los rendimientos crecientes debido a la especialización, reinterpretando la función de utilidad como una función de producción, para capturar la preferencia por la variedad. Romer (1990) concluye que, en equilibrio, es posible dedicar parte del capital humano a las actividades de I+D, siempre que exista la posibilidad de apropiarse de los frutos de la misma; 2) El que postula que el progreso técnico se cristaliza en el aumento de la calidad de un número limitado de productos. Esta idea descansa fundamentalmente en el concepto de "Destrucción Creadora" que pusiera de manifiesto Schumpeter (Schumpeter, 1942) "..... El mismo proceso de mutación industrial - si se me permite usar esta expresión biológica - que revoluciona incesantemente la estructura económica desde dentro, destruyendo ininterrumpidamente lo antiguo y creando continuamente elementos nuevos. Este proceso de Destrucción Creadora constituye el hecho esencial del Capitalismo...." (pag 83). Así, Aghion y Howitt (1992) fundamentan la inversión en I+D en la consecución de mejores productos intermedios que hacen obsoletos a los ya existentes, de forma que la empresa innovadora obtiene rentas monopolísticas mientras no aparezca una innovación sustitutiva. Por su parte, Barro y Sala i Martin (1994) con una versión simplificada de este tipo de modelos, llegan a la conclusión de que además del ahorro y del nivel de tecnología, a menor coste de la I+D, mayor crecimiento.

s¹⁴. El resto de supuestos inherentes al *Modelo de Solow* Ampliado los hacemos nuestros, de forma que los rendimientos de todo el capital son decrecientes, aunque ahora vienen representados por $\alpha + \beta + \gamma < 1$. La evolución de la economía, expresada en términos de unidades efectivas de trabajo, viene determinada por:

$$\begin{aligned} \dot{k} &= s_k y - (n + g + \delta)k \\ \dot{h} &= s_h y - (n + g + \delta)h \\ \dot{d} &= s_d y - (n + g + \delta)d \end{aligned} \quad (9)$$

En la que se mantiene la notación usual, por lo que la última ecuación representa la variación del stock de capital de I+D. Suponemos que la misma función de producción se aplica tanto al capital físico, como al humano y al de I+D, es decir, una unidad de consumo puede ser transformada, sin costes, tanto en una unidad de capital físico, como en una de capital humano, como en una de I+D. Es posible encontrar determinaciones de la función de acumulación del stock de capital de I+D que adquieren formas funcionales diferentes. Así en Lafuente, Salas y Yagüe (1985) se utiliza una función de acumulación compuesta. Por su parte Buesa (1992) considera inexacta dicha especificación y utiliza una del tipo $T_t = \sum w_i X_{t-i}$, debida a Soete y Patel (1985) que representa el stock actual en función de una estructura de retardos de los gastos en I+D (X) ponderadas (w). Pese a esto, en aras de la simplicidad, mantendremos el supuesto de similitud de comportamiento en la acumulación de los tres tipos de capitales.

La ecuación (9) conduce a un estado estacionario definido por:

$$\begin{aligned} k^* &= \left(\frac{s_d^\gamma s_k^{1-\beta-\gamma} s_h^\beta}{n + g + \delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma}} \\ h^* &= \left(\frac{s_d^\gamma s_k^\alpha s_h^{1-\alpha-\gamma}}{n + g + \delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma}} \\ d^* &= \left(\frac{s_k^\alpha s_h^\beta s_d^{1-\alpha-\beta}}{n + g + \delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta-\gamma}} \end{aligned} \quad (10)$$

De las que ya conocemos su significado. Sustituyendo en la función de producción y tomando logaritmos obtenemos la función que relaciona la renta per capita con sus determinantes:

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{Y}{L}\right) &= \ln(A_0) + gt + \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta-\gamma} \ln(s_k) + \frac{\beta}{1-\alpha-\beta-\gamma} \ln(s_h) + \frac{\gamma}{1-\alpha-\beta-\gamma} \ln(s_d) \\ &\quad - \frac{\alpha + \beta + \gamma}{1-\alpha-\beta-\gamma} \ln(n + g + \delta) \end{aligned} \quad (11)$$

¹⁴ En De la Fuente (1992) se realiza una descripción de los modelos de crecimiento endógeno en la que destaca "... Con la I+D o el capital humano, por el contrario, la adquisición de conocimientos compite con la acumulación de capital por los recursos disponibles, dando lugar a un trade-off entre tipos alternativos de inversión". (pag. 356).

Los coeficientes que el modelo predice estarán en función de las respectivas participaciones del capital físico, humano y el de I+D en el producto. Así, podemos pensar que α es aproximadamente $1/3$ ¹⁵. Hemos admitido al utilizar el modelo de MRW que β está entre $1/3$ y $1/2$, aunque no sería difícil que en países diferentes a los Estados Unidos este fuera inferior. De cualquier forma, el rango en el que podemos admitir que oscila γ , dado que mantenemos el supuesto de rendimientos decrecientes, estará estrictamente entre $1/6$ y $1/3$.

Por otra parte, un simple examen de la ecuación (11) nos lleva a considerar que los coeficientes obtenidos para el capital físico y el humano serán superiores a los obtenidos en el modelo sólo con capital humano, así como el de la población.

En último lugar, podemos analizar como varía la predicción sobre la convergencia al introducir la variable de I+D. Partimos, como es habitual, de la ecuación que relaciona la derivada de la renta con su nivel en el estado estacionario y en un año dado

$$\left(\frac{dLn(y(t))}{dt} \right) = \lambda [Ln(y^*) - Ln(y(t))] \quad (12)$$

Donde λ representa la velocidad de convergencia, que con la notación habitual se expresa como

$$\lambda = (n + g + \delta) (1 - \alpha - \beta - \gamma)$$

Haciendo el ejercicio de asignar valores a las respectivas elasticidades, por ejemplo $\alpha = \beta = 1/3$, (supuesto que también realizan MRW, y son utilizadas habitualmente en la literatura del crecimiento) y $\gamma = 1/6$, que está dentro de lo posible, con $(n + g + \delta) = 0,06$, $\lambda = 0,01$, es decir, que la economía recorre la mitad del camino al estado estacionario en aproximadamente 70 años. Aún existiendo convergencia esta se alcanza en un plazo mayor, lo que no contradice lo observado en la realidad.

La ecuación que nos permite estudiar la convergencia condicional vendrá dada por

$$Ln(y(t)) - Ln(y(0)) = (1 - e^{-\lambda t}) \left[\frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta - \gamma} Ln(s_k) + \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta - \gamma} Ln(s_h) \right] + (1 - e^{-\lambda t}) \left[\frac{\gamma}{1 - \alpha - \beta - \gamma} Ln(s_d) - \frac{\alpha + \beta + \gamma}{1 - \alpha - \beta - \gamma} Ln(n + g + \delta) \right] - (1 - e^{-\lambda t}) Ln(y(0)) \quad (13)$$

Como viene siendo habitual en este tipo de formulaciones, el crecimiento de la renta está en función de los determinantes del estado estacionario y de la renta inicial.

Ya poseemos todas las especificaciones necesarias para proceder al análisis empírico.

4.- Análisis empírico

¹⁵ En realidad, es muy optimista pensar que a pesar de estar detrayendo el efecto del capital de I+D, esta participación se mantenga en el tradicional nivel de $1/3$.

Es ya el momento de tratar de contrastar qué alcance empírico tienen los dos modelos teóricamente tratados. Lo primero en lo que debemos detenernos es en explicar qué variables se han utilizado, así como las fuentes en las que estas se encuentran.

Por lo que respecta a la actualización del modelo de MRW cabe destacar el abandono de la base de datos que estos utilizan, debido a dos razones fundamentalmente:

1. El horizonte temporal que se pretende recoger aquí (1960-1995) excede al que incorpora la base de datos más actualizada de Summers y Heston (conocida como la Penn World Table Mark 5.6).
2. Dicha base de datos no mantiene la convención fijada por la OCDE en lo referente a la Paridad del Poder adquisitivo.

Esto nos ha llevado a utilizar como fuentes de información las Statistics Direction National Accounts de la OCDE, en lo que a renta per capita e inversión se refiere (que se han aproximado por los datos del PIB per capita y la formación bruta de capital fijo como porcentaje de éste, respectivamente). Por su parte, para el cálculo del crecimiento de la población la fuente utilizada ha sido Eurostat. Merece una breve explicación la información utilizada para aproximar el capital humano. A partir de los Statistical Yearbook de Naciones Unidas y de la UNESCO se ha procedido a elaborar la serie de matriculados en lo que se denomina "tercer nivel" de la enseñanza (que comprende desde los estudios universitarios en adelante) en todos los tipos de instituciones. Una vez obtenida esta serie, se relativiza con la población total de cada año en cada país, con lo que se obtiene el porcentaje de personas matriculadas en el tercer nivel de enseñanza en los diferentes países. (Para un tratamiento pormenorizado de los indicadores de capital humano véase el apéndice B). En último lugar, para encontrar series del gasto total en I+D realizado por los países, hay que recurrir a las estadísticas de la OCDE, en concreto a las Basic Science and Technology Statistics. Es necesario destacar que todas las variables están aproximadas mediante flujos, por lo que las ecuaciones a estimar han sido la cuatro y la once respectivamente.

4.1 Estimación del Modelo con Capital Humano.

El alcance inicial que se pretendía tuviera este modelo era el de incluir todos los países que han formado la UE-12. Pese a ello, hemos tenido que suprimir tres, a saber, Luxemburgo, Grecia y Portugal. El primero debido a la imposibilidad de encontrar datos de capital humano. En lo referente a los otros dos el problema se encuentra en las series de I+D que posteriormente se utilizarán, por lo que en aras de poder comparar ambos modelos hemos optado por excluirlos. Las estimaciones que se han realizado, utilizando mínimos cuadrados ordinarios corresponden a:

1. Ampliación de los datos hasta 1990. El cuadro 1 recoge los resultados. En él podemos observar como el capital físico ($\ln(I/PIB)$)¹⁶ no es significativo en ninguna de las dos estimaciones, presentando ahora un coeficiente mayor (0,58). En lo referente al capital humano ($\ln(COLEGIO)$), también se incrementa su valor (0,93 ahora), siendo, no obstante, no significativamente distinto del cálculo de MRW. En tercer lugar llama la atención el cambio de valor que acompaña al crecimiento de la población ($\ln(n+g+\delta)$) aunque en ambos casos no es significativa al 95%. Además, el ajuste de la regresión, que en este caso es 0,77,

¹⁶ Entre paréntesis se indica la denominación que MRW le asignan a las variables.

resulta superior al obtenido por estos autores para los países de la OCDE, con un error estándar de la regresión, ahora de 0,12, asimismo inferior.

Por otra parte, los valores de α y β que se obtienen resolviendo el sistema de ecuaciones que se forma al igualar las expresiones de los coeficientes con los valores obtenidos en las estimaciones, es decir, los que se implican de los estimadores calculados (0,20 y 0,38 respectivamente) están acorde con los obtenidos por MRW.

En definitiva, esta estimación apunta a que en el seno de la UE-12 (menos tres) es más importante, que para los 22 países considerados de la OCDE, la influencia que parece tener el capital humano como determinante del crecimiento. Este hecho no parece extraño dado el nivel de industrialización y tecnológico que les caracteriza. Téngase en cuenta que entre los 22 países incluidos encontramos a Turquía, que en cierto modo puede estar distorsionando los resultados. Asimismo, se recogen economías tan dispares como las de Japón y Portugal, diferencias que para la UE 12 (menos tres) son menos acentuadas.

2. Ampliación de los datos hasta 1995. Véase el cuadro 2. En él se observa que sigue sin incorporarse como significativo el capital físico ($\ln(I/PIB)$) pese al incremento de valor experimentado. El capital humano ($\ln(COLEGIO)$), aunque en este caso ha variado el coeficiente de la estimación respecto al anteriormente calculado (0,93) colocándose en 0,75, sigue manteniendo su capacidad explicativa y, en cualquier caso, se aproxima más al valor obtenido por MRW. El coeficiente del crecimiento de la población sigue aumentando respecto del estimado por MRW ($\ln(n+g+\delta)$), aunque no por ello se incorpora significativamente. En lo referente al ajuste del modelo, se sigue obteniendo un R^2 ajustado, 0,48, superior al 0,24 de MRW, aunque con referencia al que hemos calculado para 1990 este se ha reducido considerablemente. También se observa aquí un error estándar (0,12) inferior.

Por lo que respecta a los valores implicados de α y β ahora se colocan en 0,30 y 0,29 debido a los cambios que hemos observado en los coeficientes estimados sufren cambios significativos, aunque no distan de lo esperable.

Los datos parecen mostrar que cuando incluimos un horizonte temporal más amplio las propiedades explicativas atribuibles al capital humano no se pierden.

En resumen, si bien es cierto que los valores resultantes, en relación a las estimaciones de MRW, se mantienen en la misma línea, admitiendo para estos 9 países de la UE el valor explicativo del capital humano, debemos tener en cuenta que no están exentos de problemas. No obstante, preferimos pasar ahora al estudio de las estimaciones de la convergencia para posteriormente tratar de forma conjunta dichos problemas.

Al igual que antes, hemos realizado las estimaciones diferenciando dos horizontes temporales:

1. Hasta 1990, cuyos resultados resumimos en el cuadro 3. Las discrepancias que empezamos a encontrar, respecto a lo que sería previsible, comienzan a ser destacables. El coeficiente correspondiente al capital físico guarda una correspondencia con el obtenido por MRW, siendo en nuestro caso de 0,38 y en el

suyo de 0,33, aunque en ambos casos no es significativamente distinto de 0. Por su parte, el capital humano no se puede aceptar ni tan siquiera al 90%, lo que guarda relación con lo obtenido por MRW. Se observan modificaciones destacables en lo que a crecimiento de la población se refiere¹⁷, de tal forma que su coeficiente (-0,42) se diferencia significativamente del estimado por MRW y su desviación típica (0,19) hace que se acepte al 90%. Por otra parte, el ajuste del modelo (0,97) es superior para los países de la UE-12, pero puede estar reflejando más uno de esos problemas que por ahora venimos obviando, que el hecho de poseer un modelo que explique más de un 95% del crecimiento.

2. Hasta 1995. En el cuadro 4 se encuentran los resultados. En él podemos observar como las anomalías que encontramos para 1990 se acentúan hasta cuestionar la especificación del modelo.

Con independencia de lo anterior, y para cualquiera de los horizontes, queda fuera de toda duda la significatividad de la renta en el momento inicial, tanto en el estudio de MRW ($\ln(Y_{60})$) como en el nuestro.

Admitiendo como ciertos los resultados anteriores, estaríamos postulando que aquellas variables determinantes de la renta per capita en el estado estacionario, no tienen ninguna capacidad explicativa para la convergencia hacia éste. Esto, resulta ajeno a toda lógica económica, mientras que sí parece responder a varios problemas que incorpora la utilización de mínimos cuadrados ordinarios en la forma que se ha hecho. En concreto nos referimos a:

- a) La existencia de colinealidad, que al reflejar el grado de correlación entre las variables explicativas, provoca que las desviaciones típicas de estas sean lo suficientemente grandes como para rechazar su significatividad, aun no estando mal especificado el modelo. Además, pequeños cambios en la muestra se reflejan en alteraciones importantes de los coeficientes. Así, tanto el paso del coeficiente de la variable del capital humano de 0,93 a 0,77, y su incremento de desviación típica (cuadros 1 y 2), como la aparente falta de concordancia entre las estimaciones realizadas en la ecuación de convergencia respecto a éstas, nos inducen a pensar que la correlación que existe entre las variables explicativas es amplia. (En el apéndice C desarrollamos los indicadores considerados para detectar la colinealidad). Esto no implica que no pueda ser lógico que dichas variables tengan esta correlación en la realidad, sino que los métodos econométricos utilizados no nos proporcionan las mejores estimaciones posibles.
- b) Falta de grados de libertad, cuyos efectos pasan por asociar un ajuste muy preciso debido más a la forma de operar en mínimos cuadrados ordinarios, que a la buena especificación del modelo. Como consecuencia, la desviación típica de la regresión aparece subestimada. Ambos se observan en las respectivas estimaciones de las ecuaciones de convergencia.

Atendiendo a todo esto, estamos en condiciones de justificar el cambio de herramienta econométrica. En este sentido, la utilización de un panel de datos, que al menos corregiría el problema de grados de libertad, sería una buena opción. Por su parte, siguiendo a Raymond

¹⁷ Conviene recordar que las estimaciones que estamos tomando como referencia son las correspondientes a la muestra de la OCDE, y por lo tanto, no son estrictamente comparables.

(1995) un camino eficaz para evitar la correlación descansa en promediar años, con lo que corregiríamos, parcialmente, ambos problemas.

Con el anterior respaldo teórico, se han realizado varias estimaciones, en las que hemos utilizado todas las variables en términos per capita y en promedios de tres años, utilizando mínimos cuadrados ordinarios (en adelante MCO) totales. En la primera de ellas se ha regresado la renta sobre el capital físico, el humano y la población (nos referimos a la variable que recoge la influencia del incremento de la población, el cambio técnico y la depreciación), obteniendo los datos que se ofrecen en el cuadro 5.

Ambos problemas parecen haber sido solucionados, o por lo menos sus consecuencias se han visto paliadas. Por lo que respecta a la desviación típica de las variables, todas han disminuido¹⁸. Otro rasgo destacable, aún más importante si cabe, es la significatividad de todos los coeficientes de la regresión, incluso el capital físico, para el que se obtiene un coeficiente de 0,88, alejado del calculado por MRW (cuadro 1), aunque no tanto de nuestra estimación para el año 1995 (cuadro 2), recordemos que en ambos casos no era significativo. Por su parte, el coeficiente del capital humano es sensiblemente superior a cualquiera de los estimados en el presente trabajo hasta ahora, no obstante, su aceptación se produce antes (99%).

Por otra parte, el cuadro incluye dos tests, uno para contrastar la existencia de efectos fijos y otro conocido como Test de Hausman.

El primero nos indica si existen individualidades en los países que sugieran que es necesario tenerlas en consideración¹⁹ o, en su defecto, estimar una ecuación individual para cada uno de ellos. A priori se podría pensar que dichos efectos existan, es decir, el marco institucional que presenta Alemania no tiene porqué ser igual al español, o, las características de un país pequeño como Holanda, pueden diferir de las de uno grande como Francia. Otro ejemplo significativo lo podemos encontrar en la I+D, que como se sabe, no presenta el mismo comportamiento en los diferentes países.

De esta manera, el valor del test obtenido confirma la existencia de los efectos fijos, puesto que rechazamos la hipótesis nula de ausencia de los mismos, con un nivel de significación del 100%.

Respecto al segundo test, Hausman, nos indica a partir de la hipótesis nula de ausencia de correlación que método de estimación es el más adecuado. Baste con decir que dichos efectos no están correlacionados.

En último lugar cabe destacar como la disminución obtenida en la bondad del ajuste (0,86) debida, en parte, a la corrección del problema de grados de libertad, aún nos permite afirmar que el modelo es suficientemente explicativo.

La segundo de los cálculos realizados con datos de panel corresponde a la ecuación de convergencia. La metodología utilizada sigue la propuesta por Andrés (1993) en la que se destaca que una solución ampliamente extendida, para evitar el uso de datos anuales que

¹⁸ En el caso de lo que hemos denominado como población, aunque en valor absoluto se haya incrementado, relativizándolo por el del coeficiente, disminuye apreciablemente.

¹⁹ Esto implica tener que decidir entre el método de estimación conocido como intragrupos o el mínimos cuadrados generalizados, en función de que dichas individualidades estén correlacionadas o no con el término de error.

puedan estar influidos por fluctuaciones a corto plazo, consiste en tomar las medias de pequeños períodos intermedios. En nuestro caso los intervalos utilizados son de tres años y los resultados obtenidos se encuentran en el cuadro 6.

Todas las variables son significativas al 95% excepto el crecimiento de la población que lo es al 90%. La renta en el año inicial es negativa (-0,39) y altamente significativa, presentando el coeficiente el doble del valor estimado por Andrés (1993) para una muestra de 24 países de la OCDE con un horizonte temporal que se extiende de 1960 a 1990. Para el capital físico volvemos a encontrar un coeficiente muy elevado, respecto al trabajo citado, aunque asimismo significativo. Sin embargo, son los tres parámetros siguientes los que presentan las mayores divergencias en dos sentidos. En primer lugar nos encontramos con una constante positiva en nuestro caso y negativa en el suyo. En segundo, el coeficiente obtenido para el capital humano en el caso de la Unión Europea es mucho más alto, superior a tres veces, y no por ello menos significativo. En último lugar, en la influencia de la población no hay diferencias perceptibles.

Para terminar con esta comparación, solo queda hacer mención de la mayor bondad del ajuste para la regresión europea.

En definitiva, los datos parecen soportar la hipótesis sobre la importancia del capital humano como factor explicativo del nivel de renta y de la convergencia hacia éste nivel dentro de la Unión Europea. Además, la influencia que ejerce este factor en comparación con la que posee en la OCDE, se incrementa. No obstante el incremento de robustez en el cambio de metodología econométrica, era imprescindible comenzar con los procedimientos utilizados en aras de poder comparar con los resultados obtenidos por MRW. Esta cuestión también se nos plantea en el apartado siguiente, en el que se ha vuelto a primar la posibilidad de comparación.

4.2 Modelo con I+D

El procedimiento utilizado hasta ahora se mantiene, esto es, se procede a estimar una ecuación para determinar los factores explicativos de la renta per capita (ecuación nº 11) y otra que trate de recoger las variables relevantes en la convergencia al estado estacionario (nº 13). Ahora bien, debido a los problemas que la colinealidad y falta de grados de libertad provocan en el modelo anteriormente tratado a partir de los años 90 para los países de la UE-12, es previsible que los resultados ahora sean igualmente débiles. Pese a ello, se ha procedido a estimar en los tres horizontes temporales que venimos considerando. Esto nos proporciona la ventaja de poder comparar, con las precauciones antes citadas, para los cálculos originales de MRW.

En el cuadro 7 se presentan los principales resultados obtenidos al regresar la renta per capita del año 1985 sobre el capital físico, capital humano, la tasa de crecimiento de la población, y los gastos en I+D apreciándose que el ajuste mejora considerablemente respecto al modelo MRW, con un 0,97 en el R^2 ajustado y un 0,07 en el error estándar de la regresión. Así, vemos que los gastos en I+D presentan un valor apreciable, 0,65, siendo significativo. Es destacable, además, que el capital físico siguen sin serlo. Por último, la aceptación del capital humano mejora sensiblemente (100%). Pese a ello, es el coeficiente (2,45) el que, a primera vista, llama la atención debido a la distancia que le separa de su análogo en el modelo MRW (0,76). No obstante, está dentro del rango previsible dados los valores de α , β y γ posibles.

Del mismo modo que en las estimaciones que no contienen la variable de I+D, a medida que vamos ampliando el horizonte temporal nos encontramos con un deterioro generalizado de los resultados, sobre lo que es de esperar.

Para 1990 (cuadro 8) vemos que al 95% no hay ninguna variable significativa, y si reducimos al 90%, solo el capital humano pasa el test. El ajuste del modelo experimenta una disminución considerable (pasa al 0,72) con un incremento del error estándar casi al doble. Cuando ampliamos el horizonte temporal hasta incluir 1995 (cuadro 9), la especificación parece perder todo su sentido. Limitándonos a estos últimos resultados diríamos que ninguno de los factores considerados, ni el capital físico, ni el humano, ni el de I+D, ni el "efecto dispersión" del incremento de la población con la depreciación y el crecimiento del stock de conocimiento, tienen relación con el nivel de renta. Considerando que de algún factor debe depender, solo queda el trabajo. El problema surge cuando se comprueba que el crecimiento experimentado por la población ocupada, en el período considerado, casi se ha mantenido constante, lo que nos rebate la hipótesis de partida, salvo que la elasticidad del trabajo en la renta fuera mayor que la unidad.

Una última consideración vendría de la mano del cambio tecnológico independiente de la I+D, ya que ésta última no es significativa de forma directa, y sus posibles efectos indirectos a través del capital físico o la capacidad del capital humano no se puede considerar porque ninguno de los dos factores es significativo, según nuestros resultados.

A pesar de que algo de cierto existe en la influencia del citado cambio tecnológico independiente de la I+D, que posteriormente reflejaremos, no debemos perder de vista los problemas que traen consigo la colinealidad y la falta de grados de libertad. Ahora presenta mayor importancia el segundo de ellos, puesto que al añadir una variable más se ha perdido un grado. Por el contrario la correlación que presentan las variables explicativas entre sí es menor. En este sentido, una vez se corrigiese la colinealidad, es decir, la excesiva varianza de los coeficientes de las variables explicativas, no sería extraño que aumentara la significatividad de éstos.

Por otra parte, el margen existente entre la bondad del ajuste de los modelos MRW y el que contempla la I+D (0,73) permite pensar que la corrección de la falta de grados de libertad siga manteniendo, en alguna medida, dicho margen.

En resumen, se podría pensar en la existencia de una mejora en el modelo con la inclusión de la variable de I+D, aunque el procedimiento utilizado, una vez más, hace que se distorsionen los resultados. En este sentido, Fargerberg (1988) estima también significativo el efecto de los gastos en I+D civil sobre el crecimiento del PIB, para una muestra de 24 países industrializados y semi-industrializados en el período 1973-83.

Tras este análisis pasamos a estudiar los aspectos más destacados de la ecuación de convergencia. Los resultados hasta 1985 se encuentran resumidos en el cuadro 10, donde se ha añadido como variable explicativa la renta per capita del año 60. En él podemos encontrar como la bondad del ajuste es muy alta (0,99), y el error estándar de la regresión (0,06) se mantiene en unos niveles muy reducidos. Los obtenidos por MRW eran respectivamente de 0,65 y 0,15, lo que, de nuevo, parece que avala la hipótesis de una mejor especificación al incluir la I+D. Puede resultar repetitivo el resaltar de otra vez los problemas antes destacados, pero lo consideramos obligado.

Por lo que respecta a los coeficientes, el capital físico no resulta significativo, como viene siendo habitual. Por otro lado, el capital humano se incorpora al 97%, lo que mejora respecto al anterior modelo de MRW. Sin embargo, el coeficiente que encontramos sigue siendo sorprendente (2,97), ya que ha vuelto a aumentar, pero manteniéndose dentro de un rango de variación admisible. En último lugar, la variable de I+D pasa ahora a ser significativa a un 90%, pero su coeficiente se mantiene relativamente estable (0,76) (ver cuadro 7).

A la hora de expandir el período estudiado, vuelven a aparecer los problemas que se destacaban en las ecuaciones de convergencia calculados para MRW y que dependen en gran medida de los dos problemas que veníamos arrastrando. Los resultados se han resumido en los cuadros 11 y 12.

En síntesis, los datos parecen apuntar a una posible relevancia de los gastos en I+D como variable explicativa del crecimiento, dentro de este marco teórico, que se ve turbada por las limitaciones de los MCO como método de estimación. Con este respaldo hemos procedido a utilizar un panel de datos, estimándolos mediante MCO totales, con las variables expresadas en términos per capita y promediando las series en períodos de tres años. El cuadro 13 presenta el resumen de los resultados. Es importante analizar las variaciones que muestra en dos sentidos:

1. Comparándolo con la estimación MCO del modelo con I+D en el año 85 (cuadro 7), por ser el único que presenta dicha variable significativa. En principio, encontramos dos pautas esperables: 1) La bondad del ajuste se reduce a 0,90, que representa en parte la corrección de la falta de grados de libertad; 2) La significatividad de las variables aumenta, como respuesta a la disminución de la colinealidad.

Así, aún no siendo significativo el capital físico, su desviación típica disminuye (0,24), sin afectar el valor obtenido (0,17). Respecto al capital humano, su coeficiente se hace menos llamativo (1,73) y su desviación típica se reduce a menos de la tercera parte. El crecimiento de la población sufre una disminución de su valor (-1,50), presentando un nivel de aceptación del 95%. Por último, la variable I+D ha reducido su coeficiente hasta 0,27, resultando asimismo muy significativa (99%).

Desde un punto de vista econométrico, no cabe duda de que este procedimiento mejora las cualidades del modelo.

2. Comparándolo con la estimación a partir del panel de datos en el modelo sin I+D (cuadro 5). En primer lugar es destacable la baja correspondencia existente entre los valores del capital físico (0,88 antes y 0,17 ahora), excluyéndose como explicativa al 95% de significación cuando incluimos la I+D. Por su parte, el capital humano no presenta diferencias destacables permaneciendo el coeficiente relativamente estable (1,65 antes, 1,73 ahora), y reduciéndose casi inapreciablemente la desviación típica (0,14 antes, 0,12 ahora). La misma situación nos encontramos cuando atendemos a la variable que recoge el crecimiento de la población. El último aspecto comparable entre ambos modelos, respecto a la calidad de los mismos, lo encontramos en el nivel de bondad del ajuste. El R^2 ajustado que presenta el modelo con la variable de I+D es superior al presentado por el modelo que no la incluye, no siendo a priori atribuible dicha diferencia a los grados de libertad.

Una vez más, los datos apuntan a una relevancia del efecto de los gastos en I+D en la determinación de la renta per capita. De este modo, el test que recoge la existencia de efectos fijos nos indica en este caso que debemos aceptar la hipótesis nula de ausencia de los mismos, aunque de forma muy débil²⁰. Este resultado induce a pensar que la causa que los provocaba en el modelo anterior puede ser en parte la propia I+D.

Para finalizar, hemos procedido a estimar con datos de panel la ecuación de convergencia incluyendo la I+D siguiendo a Andrés (1993). Los resultados, que quedan recogidos en el cuadro 14 presentan un coeficiente del todo sorprendente para la I+D. Lo inédito de dicho coeficiente se divide en dos aspectos:

1. En primer lugar, su signo es negativo, lo que implicaría que la inversión en I+D no solo no influye positivamente para alcanzar la renta del estado estacionario cuando sí lo hace en su determinación, sino que además su efecto es negativo. En sí mismo es ilógico, pero además contradice el resto de las estimaciones realizadas no sólo en el presente estudio, sino en todas las realizadas hasta ahora.
2. La significatividad del mismo, que lo es al 95%.

La explicación más lógica a lo anterior resulta de revisar los subperíodos considerados. Así, lo que estamos contrastando es que los flujos medios de los tres años precedentes son los que explican la renta en el tercer año considerado. Pues bien, rescatando las estructuras de formación de capital de I+D que nombrábamos en la sección teórica, podemos observar que la estructura de retardos, y por lo tanto de influencia de la I+D no tiene por qué coincidir con un horizonte de tres años, y en ningún caso sin ponderación. De esta forma, la variable resulta significativa porque tiene efectos, poco negativos, puesto que podemos estar periodificando mal dichas influencias. Como conclusión habría que realizar las estimaciones con variables stock en vez de flujos, de forma que recojamos la estructura de retardos.

Por otra parte vemos que las variaciones, respecto a la ecuación de convergencia realizada con datos de panel para el modelo de MRW, del resto de los coeficientes son mínimas tanto en magnitud como en significatividad.

5. Contribución al crecimiento.

Con las precauciones impuestas por lo sorprendente de alguno de los coeficientes obtenidos en la sección anterior, no deja de ser interesante realizar un ejercicio que muestre la contribución al crecimiento de la renta que supone cada uno de los factores considerados. En este sentido, podría resultar interesante el estudio de la evolución y tratamiento que han recibido las actividades de I+D a lo largo del período, no sólo en el aspecto conocido de la mayor competitividad que reportan para las empresas, sino por el hecho de ser un determinante directo del crecimiento total de un país.

El marco conceptual que seguiremos será el propuesto por Raymond (1995). Así, partiendo de la función de producción:

²⁰ Se seguiría rechazando la correlación de estos con las variables explicativas, test de Hausman, si admitiéramos que estos son relevantes.

$$Y = f(K, H, D, N, A)$$

Donde "K" es el capital físico, "H" el humano, "D" el de I+D, "N" la población ocupada y "A" un parámetro global de eficiencia. Diferenciando totalmente esta expresión se obtiene:

$$\frac{dY}{Y} = \frac{\partial f}{\partial K} * \frac{K}{Y} * \frac{dK}{K} + \frac{\partial f}{\partial H} * \frac{H}{Y} * \frac{dH}{H} + \frac{\partial f}{\partial D} * \frac{D}{Y} * \frac{d(D)}{D} + \frac{\partial f}{\partial N} * \frac{N}{Y} * \frac{d(N)}{N} + \mu$$

Donde μ refleja la variación del output no explicada por los otros factores (que puede venir determinada por el marco institucional, etc...). Teniendo en cuenta que se ha asumido la existencia de economías de escala constantes y que los factores se retribuyen acorde con sus productividades marginales, de la anterior ecuación se desprende:

$$\dot{Y} = \alpha \dot{K} + \beta \dot{H} + \gamma \dot{H} + \sigma \dot{N} + \mu$$

En la que α , β , γ y σ son las respectivas participaciones en el PIB. Es este el momento de hacer varias aclaraciones. Los valores considerados para los diferentes parámetros son los que se implican de las estimaciones realizadas mediante datos de panel (no se ha considerado la ecuación de convergencia con I+D por razones evidentes). De esta forma, dichas cantidades son 0,24, 0,47 y 0,05, respectivamente. Por diferencia, ya que se ha venido considerando desde el principio rendimientos constantes, σ es 0,23. Además, existe una justificación teórica para dicha magnitud. Comúnmente se le ha asignado una participación a las rentas salariales en el PIB de entre el 0,6 y el 0,7. Ahora bien, parte de ésta le corresponde al capital humano (MRW la calculan entre un 50 y un 70% del total del trabajo). No obstante, algo de la participación de éste último proviene del capital físico, ya que en nuestro marco hemos considerado que competía con él, y con la I+D, por el ahorro.

En síntesis, si asignamos la disminución que sufre el capital físico del 0,3 al 0,24, por un lado al capital humano y, por otro, a la inversión en I+D, obtenemos que la parte que absorbe el primero es (0,3 - 0,24 - 0,05 = 0,055). Restando a la participación considerada tradicionalmente para el trabajo la que implicamos para el capital humano disminuida por la que sustrae del capital físico, obtenemos (0,7 - 0,47 + 0,055 = 0,28), que no presenta diferencias destacables respecto a la utilizada.

Los cálculos, resumidos en el cuadro 15 y expresados en porcentaje, muestran como para el período comprendido entre los años 1960-95, la contribución conjunta del capital humano y la I+D, que son los que tradicionalmente no se consideraban directamente, representan cerca de un 30% del crecimiento total, correspondiendo la mayor parte al 1º de ellos (27,48%), asimismo superior al del capital físico. En lo que respecta a la I+D existen dos efectos que hay que considerar. Por un lado, el directo, cuya dimensión se ha calculado en 1,74 puntos porcentuales. Por otro, el indirecto, que se desprende del cambio técnico, en sentido estricto, y que está recogido en lo que hemos denominado "Resto". Cuando observamos los subperíodos intermedios, vemos como su aportación, en el caso del efecto directo, es totalmente cíclica. En las épocas de crisis, 73-75 y 91-95, disminuye por debajo del 1%, siendo la menor la correspondiente al último subperíodo, quizás debido a que se ciñe en mayor medida a los años de crisis.

Las causas, se pueden atribuir, entre otras, a los recortes que se producen en los presupuestos, de las actividades investigadoras, por los agentes económicos cuando se entra en la parte descendente del ciclo.

El último aspecto destacable que merece ser comentado es el incremento que representa el "Resto" en los años 71-85. Dentro de las múltiples interpretaciones que se podrían encontrar, la más verosímil es la que pone de relieve el profundo cambio que las economías europeas, a partir de la primera crisis de las materias primas, protagonizó. De tal forma que se llegó a reestructurar desde el marco legal e institucional hasta los sistemas de producción de las empresas.

En conclusión, pese a la importancia del "Resto" con un 46,83% de contribución en media del período 1960-95, debe tenerse en consideración al capital humano, que se revela como el segundo factor explicativo, y a la I+D, que aún siendo su efecto directo el menor de los considerados, no deja de representar más de un punto porcentual del crecimiento, magnitud que se vería incrementada si considerásemos el indirecto.

6. Análisis temporal.

En las estimaciones realizadas con datos de panel se obtuvo un resultado que merece ser tratado más extensamente, esto es, existencia de efectos individuales para cada uno de los países de la Unión Europea que se consideraban, o dicho de otra manera, los efectos aleatorios típicos de los datos de panel en estas estimaciones no sólo existen sino que además afectan de forma diferenciada a cada una de las economías. Así, una de las posibilidades que se presentaban consistía en estimar una ecuación para cada una de ellas de forma individual.

Con el propósito de confirmar dicha existencia, se han realizado los cálculos pertinentes, aunque desvinculándonos del marco teórico que en aquellas estimaciones respetábamos. La justificación para ello es doble, por un lado no nos obliga a asumir los restrictivos supuestos que dicha concepción conlleva; por otro, el hecho de utilizar las series temporales de los distintos países sugiere que procedamos según las técnicas de la econometría de series, que nos conduce a especificar las variables de manera diferente.

Con esa diferencial especificación de las variables se trata de evitar que, simplemente por el hecho de crecer dos series a lo largo del tiempo, podamos encontrar una correlación espúrea. En este sentido, dos variables que presenten una tendencia creciente pueden obtener una bondad de ajuste muy alta simplemente por esa tendencia.

Cuando una variable presenta una tendencia es habitual en la literatura de esta econometría decir que no son estacionarias o que no son $I(0)$. De este modo, todas las transformaciones que se le realizan a la serie original consiste en sustraerle dicha tendencia o conseguir que sean estacionarias. En el caso de la economía, la mayoría de las variables requieren que se les aplique logaritmos neperianos, con lo que evitamos la no estacionariedad en varianza, y una diferencia, con lo que evitamos la no estacionariedad en media. (Pueden encontrarse también variables que necesiten dos diferencias).

Con todo lo anterior como referencia, hemos procedido a estacionarizar nuestras variables, que recordemos se trata de la renta, el capital físico, el humano, la I+D y la

población. Analicémoslas una a una tras destacar que a todas se les aplicó logaritmos neperianos:

- 1) Renta: Para todos los países, excepto para Alemania, ha hecho falta realizar dos diferencias, es decir, esta serie se denomina $I(2)$.
- 2) Capital físico: En este caso son dos los países que disienten de la regla general, $I(1)$, Francia e Italia, que son $I(2)$.
- 3) Capital Humano: Para esta variable existen dos comportamientos diferenciados. Aquellos que son $I(2)$, los países mediterráneos y Holanda. Aquellos otros que son $I(1)$, principalmente los países del norte de Europa.
- 4) Capital I+D: En este caso la mitad de los países son $I(1)$ y la otra $I(2)$. Entre los primeros encontramos a Alemania y curiosamente a España. Mientras que en otro grupo destacan Dinamarca e Italia.
- 5) Población: Sólo para el caso de Holanda es $I(2)$, mientras que para el resto es $I(1)$. Quizás sea Alemania, de nuevo, la que mayor sorpresa provoca, puesto que su serie es $I(0)$.

En definitiva, previo a las estimaciones, se han realizado las modificaciones, antes detalladas, de forma que no pudiera persistir ningún tipo de tendencia que pudiese arrojar algo de espúreo a las estimaciones. Los resultados de éstas se encuentran en el cuadro 16.

Como se puede observar, podemos encontrar algunas pautas llamativas. En primer lugar observamos, que sólo el capital físico y humano se revelan significativos en más de una estimación, encontrándonos con el signo opuesto al esperado en algunas de ellas. En concreto para el caso Bélgica y Dinamarca en lo que al primero de ellos se refiere, e Italia para el segundo. Queda claro para ambos, que su significatividad no depende del signo que el coeficiente presenta.

Por su parte, el capital de I+D, es fundamentalmente positivo, salvo en Italia, aunque en ningún caso parece tener capacidad explicativa, con la excepción citada.

En último lugar nos referimos a la población y a la constante. La primera presenta el signo esperado en la mayor parte de los casos, pero al igual que ocurre con el resto de variables sin capacidad explicativa. La constante, aparece negativa en cinco casos, que junto a los positivos no son significativos.

Si nos detenemos a considerar los resultados por países vemos que son Alemania e Italia los que presentan un mayor número de coeficientes significativos. En el primer caso son dos, pero todos, también los que no parecen tener capacidad explicativa, muestran el signo esperado. En el segundo, el número de coeficientes explicativos es mayor, cuatro, pero dos de ellos con la influencia inversa a la esperada. Para ambos países las bondades de los ajustes son muy altas 0,73 y 0,70 respectivamente.

Es destacable que Bélgica y Dinamarca coincidan en sus resultados, por lo que se puede considerar que forman un grupo diferenciado. En este sentido, España, Francia, Holanda

e Irlanda, formarían otro grupo en el que no resulta nada significativo. Si además, consideramos los dos comportamientos aislados antes tratados, concluimos que en Europa se encuentran cuatro pautas diferenciadas.

Como conclusión a toda la econometría anterior, podemos tener tres características:

- 1) Sólo para el caso de Alemania parece tener sentido el modelo, puesto que es en este país en el único en el que presentan influencia el capital físico y el humano con el signo esperado.
- 2) La variable de I+D no aporta nada al modelo, y cuando lo hace, presenta el signo opuesto (Italia).
- 3) Se establecen cuatro pautas diferenciadas. Forman grupo, puesto que coinciden en los signos y significatividad de todas las variables, Bélgica y Dinamarca. Por coincidir en significación, España, Francia, Holanda e Irlanda, podemos decir que establecen un segundo comportamiento. Italia, en la que la contrariedad de los signos es lo que manda. Por último, Alemania que es la que sustenta el modelo.

Si nos detuviésemos aquí, los resultados serían desalentadores para la economía del crecimiento. De suerte, que podemos plantear una pregunta que, sin respetar los postulados de la econometría de series, destaca por su importancia, a saber, ¿hasta qué punto es conceptualmente correcto despojar a las series económicas de sus tendencias?. Un ejemplo servirá para ilustrar mejor lo que se pretende decir. Cuando pretendemos ver la relación que existe entre importaciones y renta a lo largo del tiempo y quitamos la tendencia que ambas poseen, lo que estamos obviando es que a medida que la renta en un país aumenta, también lo hacen las importaciones por la mayor capacidad de compra, mayor bienestar, etc..., que dicho incremento de la renta provoca. Es decir, no podemos asegurar que el hecho de que dos series económicas crezcan simultáneamente (debidamente deflactadas) sea consecuencia más de un proceso interno y aislado, de cada una de ellas, que de la mutua interrelación que caracteriza a todos los parámetros de la economía.

Si lo anterior es así, los resultados obtenidos son fuertemente positivos, ya que, a pesar de haber depurado el efecto de crecimiento inducido que dichos conceptos presentan, aún encontramos alguna influencia, en algunos casos, significativa e importante desde los factores determinantes de la renta, hacia ésta.

7. Conclusiones y futuras líneas de investigación

Tras el análisis que hemos realizado cabe preguntarse si se han cubierto los objetivos que lo motivaron. En este sentido habría que recordar que estos eran, por un lado, la actualización del modelo MRW para los países de la UE-12; por otro, la inclusión de la variable de I+D.

Por lo que se refiere al primero de ellos, el éxito es parcial. Es cierto que podemos admitir que el capital humano parece tener un valor explicativo suficiente como para tenerlo en cuenta en el período considerado y para los países estudiados. Pero no lo es menos, que los problemas econométricos que han surgido reclaman un mayor rigor en los métodos a utilizar

para calcular las estimaciones. No obstante, también es verdad, que en una primera estimación, dicho cambio robustece las conclusiones.

En resumen, lo aquí realizado sirve como punto de inicio de una investigación más profunda que pasaría no sólo por cambiar las herramientas utilizadas, sino también por cuestionar algunos de los supuestos de partida que hemos admitido.

En segundo lugar, el otro propósito impuesto ha tenido un éxito relativamente superior. La intención era cuestionar la posible inclusión de otra variable, la I+D, en el marco teórico propuesto por Mankiw, Romer y Weil. Esto implicaba, como siempre que se pretende cuestionar algo ya establecido, no sólo que fueran aceptables los resultados que se obtuvieran, sino que superasen a los anteriores.

Muy optimistas habría que ser para pensar que lo anterior se ha logrado plenamente, aunque no obstante, sí se puede admitir el carácter explicativo de dicha inclusión. Carácter que, al igual que ocurriera antes con el capital humano, lejos de proporcionarnos conclusiones definitivas, nos abre el camino para seguir investigando en esta línea.

Dos son los aspectos que se han revelado como fundamentales para el futuro desarrollo de la investigación:

1. Realizar todo el análisis que se hecho hasta ahora, pero con variables stock. Quizás con esto despejaríamos las dudas que nos asaltan sobre la importancia de la I+D.
2. Profundización en el estudio de las diferencias entre los países mediante métodos de análisis multivariante que permita hacer grupos de países deferenciados.

Este es ya, el objetivo propuesto para futuras investigaciones.

CUADRO 1
Estimación del Modelo de Solow Aumentado (UE.(12-3))
Vble dependiente: Ln del PIB pc en 1990

				Estimaciones realizadas por MRW para 1985		
Variable	Coeficiente	Desviación típica	Significatividad	Variable	Coeficiente	Desviación típica
Constante	7,48	2,71	0,03	Constante	8,63	2,19
Capital físico	0,58	0,89	0,54	Ln (I/PIB)	0,28	0,39
Capital humano	0,93	0,30	0,02	Ln (COLEGIO)	0,76	0,29
Población+g+delta	-0,37	0,16	0,07	Ln (n+g+delta)	-1,07	0,75
R ² ajustado		0,77		R ² ajustado		0,24
SE		0,12		SE		0,33

Nota: Tanto para la inversión como para las tasas de crecimiento de la población se ha calculado la media entre 1960 y 1990. (g+delta) se considera 0,05. El capital humano se considera también como porcentaje medio. Todas las variables están definidas en el texto.

CUADRO 2
Estimación del Modelo de Solow Aumentado (UE.(12-3))
Vble dependiente: Ln del PIB pc en 1995

				Estimaciones realizadas por MRW para 1985		
Variable	Coeficiente	Desviación típica	Significatividad	Variable	Coeficiente	Desviación típica
Constante	7,17	3,54	0,09	Constante	8,63	2,19
Capital físico	0,77	1,17	0,53	Ln (I/PIB)	0,28	0,39
Capital humano	0,75	0,32	0,07	Ln (COLEGIO)	0,76	0,29
Población+g+delta	-0,30	0,19	0,18	Ln (n+g+delta)	-1,07	0,75
R ² ajustado		0,48		R ² ajustado		0,24
SE		0,12		SE		0,33

Nota: Tanto para la inversión como para las tasas de crecimiento de la población se ha calculado la media entre 1960 y 1995. (g+delta) se considera 0,05. El capital humano se considera también como porcentaje medio. Todas las variables están definidas en el texto.

CUADRO 3

Estimación de la ecuación de convergencia del Modelo de Solow Aumentado(UE.(12-3))
Vble dependiente: Ln del (PIB90/PIB60) pc

Variable	Coeficiente	Desviación típica	Significatividad	Estimaciones realizadas por MRW para 1985		
				Variable	Coeficiente	Desviación típica
Constante	8,49	3,51	0,07	Constante	2,81	1,19
Capital físico	0,38	1,04	0,73	Ln (I/PIB)	0,335	0,174
Capital humano	1,32	0,83	0,18	Ln (COLEGIO)	0,223	0,144
Población+g+delta	-0,42	0,19	0,10	Ln (n+g+delta)	-0,844	0,334
Renta pc en 1960	-1,08	0,15	0,00	Ln (Y60)	-0,398	0,07
R ² ajustado		0,97		R ² ajustado		0,65
SE		0,13		SE		0,15

Nota: Tanto para la inversión como para las tasas de crecimiento de la población se ha calculado la media entre 1960 y 1990. (g+delta) se considera 0,05. El capital humano considera también como porcentaje medio. Renta pc en 1960 es el Ln del PIB en el año 60. Todas las variables están definidas en el texto.

CUADRO 4

Estimación de la ecuación de convergencia del Modelo de Solow Aumentado(UE.(12-3))
Vble dependiente: Ln del (PIB95/PIB60) pc

Variable	Coeficiente	Desviación típica	Significatividad	Estimaciones realizadas por MRW para 1985		
				Variable	Coeficiente	Desviación típica
Constante	5,50	5,41	0,36	Constante	2,81	1,19
Capital físico	1,24	1,66	0,49	Ln (I/PIB)	0,335	0,174
Capital humano	0,38	0,91	0,69	Ln (COLEGIO)	0,223	0,144
Población+g+delta	-0,34	0,23	0,21	Ln (n+g+delta)	-0,844	0,334
Renta pc en 1960	-0,94	0,13	0,00	Ln (Y60)	-0,398	0,07
R ² ajustado		0,97		R ² ajustado		0,65
SE		0,14		SE		0,15

Nota: Tanto para la inversión como para las tasas de crecimiento de la población se ha calculado la media entre 1960 y 1995. (g+delta) se considera 0,05. El capital humano considera también como porcentaje medio. Renta pc en 1960 es el Ln del PIB en el año 60. Todas las variables están definidas en el texto.

CUADRO 5

Estimación con panel de datos mediante MCO totales para la ecuación de MRW

Variable	Coefficiente	Desviación típica	Significatividad
Constante	4,91	1,79	0,00
Capital físico	0,88	0,21	0,00
Capital humano	1,65	0,14	0,00
Población+g+delta	-2,34	0,62	0,00
Contraste de efectos fijos	valor F 3,60	-	0,00
Test de Hausman	2,75	-	0,43
R ² ajustado		0,86	
SE		0,39	

(g+delta)=0.05

CUADRO 6

Estimación con panel de datos mediante MCO totales para la ecuación de convergencia de MRW

Variable	Coefficiente	Desviación típica	Significatividad
Constante	2,73	0,56	0,00
Capital físico	0,28	0,08	0,00
Capital humano	0,14	0,04	0,00
Población+g+delta	-0,30	0,17	0,09
Renta en el año 1960	-0,39	0,08	0,00
R ² ajustado		0,46	
SE		0,09	

(g+delta)=0.05

CUADRO 7
 Estimación del Modelo con I+D (UE.(12-3))
 Vble dependiente: Ln del PIB pc en 1985

				Estimaciones realizadas por MRW para 1985		
Variable	Coefficiente	Desviación típica	Significatividad	Variable	Coefficiente	Desviación típica
Constante	10,05	1,59	0,00	Constante	8,63	2,19
Capital físico	0,18	0,49	0,73	Ln (I/PIB)	0,28	0,39
Capital humano	2,45	0,41	0,00	Ln (COLEGIO)	0,76	0,29
Población+g+delta	-0,23	0,09	0,07	Ln (n+g+delta)	-1,07	0,75
I+D	0,65	0,24	0,07	-	-	-
R ² ajustado		0,97		R ² ajustado		0,24
SE		0,07		SE		0,33

Nota: Tanto para la inversión como para las tasas de crecimiento de la población se ha calculado la media entre 1960 y 1985. (g+delta) se considera 0,05. El capital humano se considera también como porcentaje medio. I+D expresa el promedio de inversión entre 1960-85. Todas las variables están definidas en el texto.

CUADRO 8
 Estimación del Modelo con I+D (UE.(12-3))
 Vble dependiente: Ln del PIB pc en 1990

				Estimaciones realizadas por MRW para 1985		
Variable	Coefficiente	Desviación típica	Significatividad	Variable	Coefficiente	Desviación típica
Constante	7,80	3,54	0,09	Constante	8,63	2,19
Capital físico	0,49	1,11	0,67	Ln (I/PIB)	0,28	0,39
Capital humano	0,97	0,41	0,07	Ln (COLEGIO)	0,76	0,29
Población+g+delta	-0,37	0,18	0,11	Ln (n+g+delta)	-1,07	0,75
I+D	0,02	0,13	0,87	-	-	-
R ² ajustado		0,72		R ² ajustado		0,24
SE		0,13		SE		0,33

Nota: Tanto para la inversión como para las tasas de crecimiento de la población se ha calculado la media entre 1960 y 1990. (g+delta) se considera 0,05. El capital humano se considera también como porcentaje medio. I+D expresa el promedio de inversión entre 1960-90. Todas las variables están definidas en el texto.

CUADRO 9
 Estimación del Modelo con I+D (UE.(12-3))
 Vble dependiente: Ln del PIB pc en 1995

				Estimaciones realizadas por MRW para 1985		
Variable	Coefficiente	Desviación típica	Significatividad	Variable	Coefficiente	Desviación típica
Constante	7,41	4,33	0,16	Constante	8,63	2,19
Capital físico	0,70	1,39	0,63	Ln (I/PIB)	0,28	0,39
Capital humano	0,78	0,44	0,14	Ln (COLEGIO)	0,76	0,29
Población+g+delta	-0,30	0,21	0,24	Ln (n+g+delta)	-1,07	0,75
I+D	0,02	0,13	0,89	-	-	-
R ² ajustado		0,36		R ² ajustado		0,24
SE		0,13		SE		0,33

Nota: Tanto para la inversión como para las tasas de crecimiento de la población se ha calculado la media entre 1960 y 1995. (g+delta) se considera 0,05. El capital humano se considera también como porcentaje medio. I+D expresa el promedio de inversión entre 1960-95. Todas las variables están definidas en el texto.

CUADRO 10

Estimación de la ecuación de convergencia del Modelo con I+D (UE.(12-3))

Vble dependiente: Ln del (PIB85/PIB60) pc

Variable	Coeficiente	Desviación típica	Significatividad	Estimaciones realizadas por MRW para 1985		
				Variable	Coeficiente	Desviación típica
Constante	10,88	1,66	0,02	Constante	2,81	1,19
Capital físico	0,17	0,46	0,74	Ln (I/PIB)	0,335	0,174
Capital humano	2,97	0,59	0,03	Ln (COLEGIO)	0,223	0,144
Población+g+delta	-0,28	0,09	0,09	Ln (n+g+delta)	-0,844	0,334
I+D	0,76	0,24	0,08	-	-	-
Renta pc en 1960	-1,09	0,08	0,00	Ln (Y60)	-0,398	0,07
R ² ajustado		0,99		R ² ajustado		0,65
SE		0,06		SE		0,15

Nota: Tanto para la inversión como para las tasas de crecimiento de la población se ha calculado la media entre 1960 y 1985. (g+delta) se considera 0,05. El capital humano se considera también como porcentaje medio. La Renta pc en 1960 es el Ln del PIB en el año 60. I+D representa el promedio de la inversión entre 1960 y 1985. Todas las variables están definidas en el texto.

CUADRO 11

Estimación de la ecuación de convergencia del Modelo con I+D (UE.(12-3))

Vble dependiente: Ln del (PIB90/PIB60) pc

Variable	Coeficiente	Desviación típica	Significatividad	Estimaciones realizadas por MRW para 1985		
				Variable	Coeficiente	Desviación típica
Constante	8,60	4,39	0,14	Constante	2,81	1,19
Capital físico	0,35	1,30	0,80	Ln (I/PIB)	0,335	0,174
Capital humano	1,33	0,96	0,26	Ln (COLEGIO)	0,223	0,144
Población+g+delta	-0,41	0,22	0,16	Ln (n+g+delta)	-0,844	0,334
I+D	0,01	0,14	0,95	-	-	-
Renta pc en 1960	-1,07	0,18	0,01	Ln (Y60)	-0,398	0,07
R ² ajustado		0,95		R ² ajustado		0,65
SE		0,14		SE		0,15

Nota: Tanto para la inversión como para las tasas de crecimiento de la población se ha calculado la media entre 1960 y 1990. (g+delta) se considera 0,05. El capital humano se considera también como porcentaje medio. La Renta pc en 1960 es el Ln del PIB en el año 60. I+D representa el promedio de la inversión entre 1960 y 1990. Todas las variables están definidas en el texto.

CUADRO 12

Estimación de la ecuación de convergencia del Modelo con I+D (UE.(12-3))

Vble dependiente: Ln del (PIB95/PIB60) pc

Variable	Coeficiente	Desviación típica	Significatividad	Estimaciones realizadas por MRW para 1985		
				Variable	Coeficiente	Desviación típica
Constante	5,64	6,19	0,42	Constante	2,81	1,19
Capital físico	1,20	1,90	0,57	Ln (I/PIB)	0,335	0,174
Capital humano	0,36	1,04	0,74	Ln (COLEGIO)	0,223	0,144
Población+g+delta	-0,35	0,26	0,28	Ln (n+g+delta)	-0,844	0,334
I+D	0,04	0,15	0,80	-	-	-
Renta pc en 1960	-0,92	0,16	0,01	Ln (Y60)	-0,398	0,07
R ² ajustado		0,96		R ² ajustado		0,65
SE		0,15		SE		0,15

Nota: Tanto para la inversión como para las tasas de crecimiento de la población se ha calculado la media entre 1960 y 1995. (g+delta) se considera 0,05. El capital humano se considera también como porcentaje medio. La Renta pc en 1960 es el Ln del PIB en el año 60. I+D representa el promedio de la inversión entre 1960 y 1995. Todas las variables están definidas en el texto.

CUADRO 13

Estimación con panel de datos mediante MCO totales para la ecuación con I+D

Variable	Coeficiente	Desviación típica	Significatividad
Constante	7,60	1,57	0,00
Capital físico	0,17	0,24	0,47
Capital humano	1,73	0,12	0,00
Población+g+delta	-1,50	0,53	0,00
I+D	0,27	0,07	0,00
Contraste de efectos fijos	valor F 1,69	-	0,12
Test de Hausman	6,68	-	0,15
R ² ajustado		0,90	
SE		0,28	

(g+delta)=0.05

CUADRO 14

Estimación con panel de datos mediante MCO totales para la ecuación de convergencia con I+D

Variable	Coeficiente	Desviación típica	Significatividad
Constante	2,77	0,55	0,00
Capital físico	0,29	0,08	0,00
Capital humano	0,13	0,04	0,00
Población+g+delta	-0,32	0,17	0,06
I+D	-0,03	0,01	0,04
Renta en el año 1960	-0,38	0,08	0,00
R ² ajustado		0,49	
SE		0,09	

(g+delta)=0.05

CUADRO 15

Contribución al crecimiento de la Renta per capita para los países de la UE.(12-3).
Porcentajes

Años	RENTA	I+D	HUMANO	FÍSICO	TRABAJO	RESTO
1961-65	100	-	42,13	27,69	1,05	-
1966-70	100	3,41	46,94	21,83	0,03	27,79
1971-75	100	0,88	21,83	18,79	0,74	57,77
1976-80	100	1,04	6,94	21,72	0,59	69,71
1981-85	100	1,88	17,38	15,46	-1,45	66,72
1986-90	100	2,69	18,93	34,47	4,17	39,74
1991-95	100	0,86	43,96	14,08	13,45	27,64
1960-95*	100	1,74	27,48	21,37	2,58	46,83

* Para la I+D es 63-95

CUADRO 16
Estimaciones del modelo de crecimiento con la variable de I+D utilizando series temporales para cada uno de los países

	Alemania		Bélgica		Dinamarca		España		Francia		Holanda		Irlanda		Italia	
	coeficiente	Sig.	coeficiente	Sig.	coeficiente	Sig.	coeficiente	Sig.	coeficiente	Sig.	coeficiente	Sig.	coeficiente	Sig.	coeficiente	Sig.
Constante	0,0380	0,4230	0,0150	0,2940	0,0050	0,4280	-0,0060	0,5660	-0,0050	0,6550	-0,0007	0,9250	-0,0005	0,9780	-0,0020	0,6990
Capital físico	0,4530	0,0010	-0,2270	0,0260	-0,1600	0,0020	-0,3780	0,5660	-0,0290	0,7480	-0,0620	0,5720	-0,1150	0,1730	0,5280	0,0000
Capital humano	0,1340	0,0500	0,0330	0,8550	0,0030	0,9790	-0,0830	0,4100	0,0990	0,3610	-0,1440	0,3000	0,2400	0,2640	-0,0040	0,0000
Capital I+D	0,1730	0,2160	0,0080	0,9650	0,0972	0,5680	0,1410	0,1730	0,1320	0,3830	0,0240	0,8620	0,2820	0,1240	-0,1690	0,0750
Población	-0,0030	0,7210	-0,2320	0,6740	-0,2380	0,4120	0,5490	0,1210	-0,5570	0,1540	-0,0200	0,9300	0,0540	0,7240	-0,3490	0,0800
R ² ajustado	0,7350	-	0,1500	-	0,4470	-	0,0100	-	-0,0100	-	-0,1230	-	0,1800	-	0,7010	-

APENDICE A

- Introducción

Es el mes de Febrero de 1956 cuando en la revista Quaterly Journal of Economic aparece un artículo titulado "A contribution to the Theory of Economic Growth", había nacido el modelo neoclásico. Lo hizo como oposición al planteado por Harrod-Domar unos años atrás. De hecho Solow (Solow 1956) afirma "... *La mayor parte de este ensayo se ocupa de un modelo de crecimiento a largo plazo que acepta todos los supuestos de Harrod-Domar, excepto el de las proporciones fijas*". Dicho supuesto, que postula la no sustitución en la producción de capital por mano de obra, es el que según Solow determina las conclusiones de todo el modelo.

- Modelo neoclásico

Las hipótesis de las que partimos son las siguientes:

- 1- Solo hay un bien, $Y(t)$. Una parte de esta producción se consume y la otra se ahorra e invierte.
- 2- La fracción ahorrada de la producción es una constante s , de forma que el volumen de ahorro es $sY(t)$.

El stock de capital es $K(t)$, siendo la inversión neta la tasa de incremento de dicho stock $\partial K/\partial t$ o \dot{K} . De forma que se cumpla que $\dot{K} = sY$ (1)

- 3- Existen dos factores productivos, el capital y la mano de obra $L(t)$. Representándose las posibilidades tecnológicas mediante:

$$Y = F(K, L) \quad (2)$$

Aplicando 2 en 1 obtenemos:

$$\dot{K} = sF(K, L) \quad (3)$$

- 4- Como la población crece de forma exógena, podemos decir que la fuerza de trabajo aumenta a una tasa relativa constante, n .

$$L(t) = L_0 e^{nt} \quad (4)$$

Si suponemos pleno empleo

$$\dot{K} = sF(K, L_0 e^{nt}) \quad (5)$$

Tenemos la ecuación básica que determina la ruta temporal de acumulación de capital que debe seguirse para el empleo de toda la mano de obra disponible. Para saber si existe una senda de acumulación del capital compatible con cualquier tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo, debemos estudiar la ecuación (5). Vamos a definir:

$k = K/L$; como el capital per capita

Por lo tanto

$$K = kL = k L_0 e^{nt}$$

Diferenciando respecto al tiempo

$$\dot{K} = L_0 e^{nt} \dot{k} + n L_0 e^{nt} k$$

sustituyendo en (5)

$$(\dot{k} + nk) L_0 e^{nt} = sF(K, L_0 e^{nt})$$

Si dividimos las variables de F entre $L_0 e^{nt}$

$$(\dot{k} + nk) L_0 e^{nt} = s L_0 e^{nt} F(K/L_0 e^{nt}, 1)$$

De donde

$$(\dot{k} + nk) = sF(k, 1) \Rightarrow \dot{k} = sF(k, 1) - nk \quad (6)$$

Aquí hay una ecuación cuya única variable es la ratio capital por trabajador. La función $sF(k, 1)$ puede interpretarse como la curva del producto total a medida que se emplean cantidades variables de capital, con una unidad de mano de obra²¹.

Puede apreciarse que dependiendo de la relación funcional que especifiquemos para F, las trayectorias serán diferentes. Solow aún siendo consciente de las múltiples especificaciones posibles, fijó su atención en las siguientes: la que recoge la hipótesis de las proporciones fijas, y la que utiliza la función de producción de Cobb-Douglas. Esta última es a la que nos vamos a limitar a partir de ahora.

La especificación de dicha relación es la siguiente:

$$Y = AK^\beta L^{\alpha} \quad (22)$$

Recordando que la tasa de ahorro es constante, el aumento del capital lo podemos escribir como:

$$\dot{K} = sAK^\beta L^\alpha - \delta K \quad (7)$$

Donde δ representa la tasa de depreciación. En términos per capita queda

$$\dot{k} = sAk^\beta L^{\alpha+\beta-1} - (n+\delta)k \quad (8)$$

²¹ También puede interpretarse como el producto por trabajador en función del capital por trabajador

²² Introducimos el factor A que representa la tecnología, aunque en un sentido muy amplio del concepto, a pesar de que en la primera formulación Solow no la introduce.

La tasa de crecimiento del capital por trabajador viene dada por $\dot{k}/k \equiv \gamma_k$. Definiendo el *estado estacionario* como aquella situación en la que todas las variables crecen a una tasa constante, podemos escribir:

$$(\gamma_k^* + \delta + n)/sA = k^{\beta-1}L^{\alpha+\beta-1}$$

Si tomamos logaritmos y derivamos respecto del tiempo:

$$0 = (\beta - 1) \gamma_k^* + n(\alpha + \beta - 1)$$

Donde si tenemos en cuenta los supuestos de que la producción presenta rendimientos constantes a escala y rendimientos decrecientes aunque positivos de cada uno de los factores, la expresión anterior se reduce a:

$$0 = (\beta - 1) \gamma_k^*$$

Por lo que la única tasa de crecimiento a largo plazo consistente con el modelo neoclásico es 0.

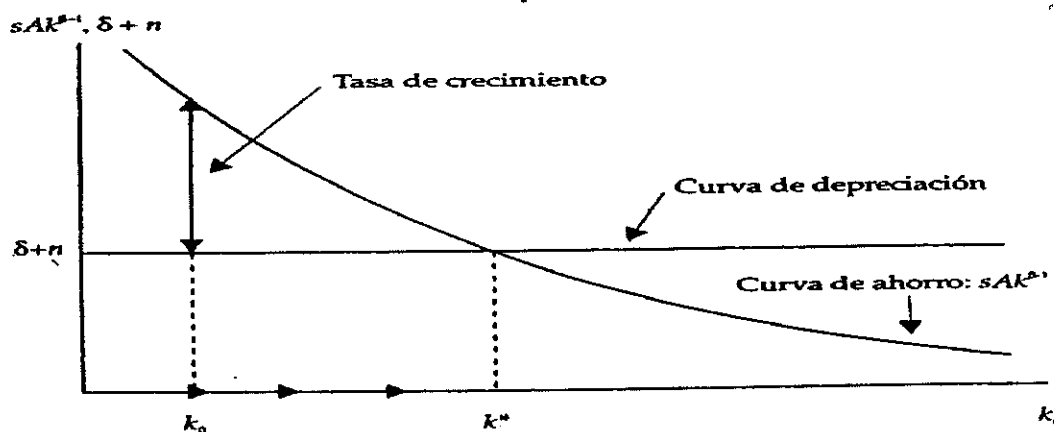
Retomemos la expresión (8) y dividámosla por k , de forma que obtenemos²³:

$$\gamma_k = \dot{k}/k = sAk^{-(1-\beta)} - (\delta+n) \quad (9)$$

(A)
(B)

Según esta expresión, la tasa de crecimiento instantánea del capital viene dada por la diferencia entre las funciones A y B. Que expresado de forma gráfica queda:

El modelo neoclásico $\beta < 1$



Fuente: Sala i Martín

La función (B), que llamamos curva de depreciación, es independiente del capital, por lo que lo representamos por una línea horizontal. Por su parte, al ser $\beta < 1$ implica que la función (A), curva de ahorro, es decreciente. El valor de k para el que ambas se cruzan determina el capital por trabajador que existe en el estado estacionario.

²³ Mantenemos el supuesto de rendimientos constantes a escala

Por otra parte a la vista del gráfico podemos observar que²⁴:

1.- La tasa de crecimiento de k viene determinada por dos curvas, de forma que cuando nos encontramos a la izquierda del estado estacionario dicha tasa de crecimiento es positiva, siendo negativa a la derecha.

2.- La tasa de crecimiento es mayor cuanto más alejada está la economía de su estado estacionario.

Parece importante saber a qué velocidad se alcanzará el estado estacionario. Si log-linearizamos la ecuación (9) alrededor del estado estacionario

$$\gamma_k = -(1-\beta)(\delta+n)[\text{Log}(k) - \text{Log}(k^*)] \quad (10)$$

Que nos muestra que:

1.- La tasa de crecimiento del capital está inversamente relacionada con el nivel de capital inicial. (De forma análoga se podría razonar para el caso de la renta per capita).

2.- La velocidad de convergencia²⁵ al Estado estacionario viene dada por $(1-\beta)(\delta+n)$. En definitiva depende de la tasa de crecimiento de la población, de la tasa de depreciación del capital y de los rendimientos del capital.

Hemos de destacar por último, que el modelo predice que si las economías se diferencian únicamente en la dotación inicial de capital y trabajo, debemos observar un crecimiento superior en las economías pobres que en las ricas. (Este hecho lo podemos inferir de la ecuación 10).

²⁴ Notemos que si tomamos logaritmos y derivamos respecto del tiempo en la función de producción, hayamos que la tasa de crecimiento de la producción per capita es proporcional a la tasa de crecimiento del capital per capita ($\gamma_y = \beta\gamma_k$), por lo que las evoluciones temporales de ambas son paralelas.

²⁵ Llamamos así a la velocidad a la que el modelo predice que se recorrerá la distancia que existe entre la dotación inicial de capital y la que corresponde a la del estado estacionario.

APÉNDICE B

La importancia de la *educación* en la literatura sobre el crecimiento ha ido en aumento desde que, en los años 60, Schultz (1960, 1961) y Denison (1962) publicaran sendos trabajos en los que se hacía referencia al papel que desempeña *la inversión en capital humano* en el desarrollo de los países, y desde que Uzawa (1965) introdujera un sector educativo en un modelo de crecimiento más formal.

Pero al igual que ocurre con otras variables, la dificultad de llevar a cabo esta tarea reside en encontrar una proxy que refleje de forma adecuada el stock de capital humano, esto es, la cualificación de la fuerza laboral. Así, no existe ninguna referencia estadística que proporcione la información necesaria, a pesar de la abundancia de datos nacionales referidos a la educación. No obstante, los anuarios de UNESCO y Naciones Unidas permiten, de alguna manera, realizar comparaciones internacionales.

La mayoría de los *estudios realizados* para aproximar el stock de capital humano en los distintos países, se han llevado a cabo mediante la *acumulación de flujos*, admitiendo, en la generalidad de los casos, la *tasa de escolarización* como proxy más o menos precisa del flujo de inversión educativa. Esta variable, aún presentando problemas, ya que el stock medio de capital humano responde a los flujos inversores de forma gradual y con un retardo considerable, permite disponer de abundantes datos, aunque en cualquier caso, todas las series presentan importantes deficiencias. En este sentido, De la Fuente y Da Rocha (1996) señalan que el trabajo con *tasas de escolarización* del Statistical Yearbook de la UNESCO, pone de manifiesto importantes anomalías en dos terrenos principalmente: consistencia de los datos en el tiempo y entre países en el tratamiento de la formación técnica y profesional y la posición relativa de los distintos países en materia educativa.

Muchos han sido los esfuerzos destinados a la elaboración de bases de datos del stock de capital humano, terreno en el que *no existe una metodología única*, destacando los realizados por Psacharopoulos y Arriagada (1986) que ofrecen datos sobre la composición por niveles de estudio de la fuerza laboral y promedio de años de escolarización, Kyriacou (1991) que estima los años medios de educación de la fuerza laboral a partir de los resultados de Psacharopoulos y Arriagada y proporciona datos con intervalos de 5 años para 111 países y Barro y Lee que con un método más sofisticado, en principio superior, de *inventario permanente* y con la información disponible sobre flujos de escolarización y composición por edades de la población, ofrece el porcentaje de población, por sexos, que ha alcanzado cada nivel de educación.

Para el caso de los países de la Unión Europea, Martín (1997), utiliza un método de inventario perpetuo, en el que sumando los alumnos matriculados en todos los niveles educativos desde 1930 que están en edad de trabajar, pero ponderados por la ratio entre el gasto por alumno en cada nivel educativo y país y el coste total de formación de un universitario en la media de la UE (indicador de la calidad de la educación) y suponiendo que la formación se deprecia a distintas tasas si no se trabaja, obtiene el porcentaje de la población en edad de trabajar con formación equivalente a estudios superiores en relación con la media de los quince.

Todas las formulaciones de modelos de crecimiento que utilizan la variable capital humano responden a dos posibles vías de influencia de éste en el crecimiento de la renta a largo

plazo. Por un lado, el "efecto nivel". En ellos el capital humano es un factor de producción reproducible más, una decisión de inversión y en este sentido compite con el capital físico. Está basado en la "Teoría del Capital Humano" de Schultz y Becker y en la que se señala que las inversiones destinadas a incrementar la productividad de la fuerza laboral están regidas por criterios de rentabilidad como cualquier otra inversión. Por otro lado, algunas formulaciones se han centrado en analizar un "efecto tasa". Se trata de un enfoque más dinámico que considera la interacción entre educación y progreso técnico y en este sentido, la acumulación de conocimientos y habilidades por parte de la mano de obra supone una mejor asimilación de la tecnología importada y mayores posibilidades de generación de innovaciones propias.

En el campo de las estimaciones de ecuaciones de convergencia con capital humano muchos han sido los indicadores utilizados con distintos resultados.

La variable más adecuada para recoger un *efecto tasa sería algún indicador del nivel medio de educación* de la fuerza laboral, pero la ausencia de datos comparables entre países hace que la mayoría de los autores se decidan por la utilización de variables flujo. El problema que usar tasas de escolarización, aunque sean retardadas, presenta es la posible correlación con la inversión en capital humano en el período muestral.

Barro y Lee (1994) analizan la influencia de distintos indicadores de educación en la ecuación de convergencia. Los resultados principales que obtienen son que el stock de educación secundaria es el que mejor se comporta, mejor que los stocks de otros niveles de educación, y mejor que las tasas de escolarización. En términos generales podría extraerse como conclusión de este trabajo *que la educación secundaria tiene efectos tanto de nivel como tasa*.

Los trabajos de Kyriacou (1991) y Benhabib y Spiegel (1992, 1994) analizan esta cuestión dentro de un mismo marco teórico, función de producción Cobb-Douglas y datos obtenidos de las series de Summers y Heston (1991). Los resultados obtenidos son, en principio, negativos y llevan a pensar, como señalan Azariadis y Drazen (1990), que sólo a partir de un determinado nivel de formación, resulta relevante la educación, lo que se conoce como "threshold effects".

En una ampliación del modelo de Solow, Mankiw, Romer y Weil (1992) utilizan como indicador de capital humano la fracción de la población en edad de trabajar que está recibiendo una educación secundaria. Los resultados obtenidos por estos autores son objeto de análisis detallado dentro de este trabajo.

De la Fuente y Da Rocha (1996) en una extensión del modelo de Mankiw, Romer y Weil, analizan la influencia en la determinación de la tasa de progreso técnico de distintos indicadores del stock de capital humano y gasto en I+D. El indicador de capital humano, que presenta un resultado más favorable, es la fracción de población con algo de educación superior, ya se incluya en la ecuación o no, con la variable asociada a la I+D como regresor adicional.

APÉNDICE C

- Multicolinealidad

Cuando se trabaja con conceptos económicos es *prácticamente imposible* encontrar dos variables cuyo coeficiente de *correlación sea numéricamente "0"*, de hecho, es difícil encontrarlos inferiores a 0,20 ó 0,25.

La multicolinealidad aparece cuando las variables explicativas están correlacionadas entre sí, y ello en el modelo lineal general se debe a que las *fluctuaciones* de las variables explicativas se producen de forma relativamente *sincronizada*. Es negativo cuando se pretende estimar un modelo lineal por mínimos cuadrados ordinarios (En adelante MCO), ya que al intentar invertir la matriz de observaciones, tal como este procedimiento requiere, las columnas no son linealmente independientes y el determinante es próximo a "0". Si la correlación es perfecta, no se puede proceder a invertir dicha matriz y ni tan siquiera se puede utilizar MCO, por lo que el problema se termina. Por el contrario, si no lo es, es posible calcularla y aunque sigue resultando el estimador de mínima varianza, rasgo importante dentro de la calidad de los estimadores, entre los lineales e insesgados presenta los siguientes inconvenientes:

- 1) La solución del sistema de ecuaciones normales está mal definida.
- 2) Como consecuencia, pequeñas variaciones muestrales por incorporar o sustraer observaciones podría generar importantes cambios en la solución de las ecuaciones.
- 3) Por ser casi singular, la matriz de covarianzas del estimador MCO será grande, por lo que dicho estimador es muy poco preciso.
- 4) Los intervalos de confianza para el contraste de hipótesis lineales son de gran tamaño, por lo que cualquier hipótesis nula se acepta. En particular, tendemos a creer que los coeficientes del modelo no son significativos.

En definitiva, la cuestión relevante no es discutir si existe o no multicolinealidad, sino en qué medida aparece ésta y que alcance tienen sus efectos.

- Detección de la Multicolinealidad

Además de considerar los efectos que la multicolinealidad provoca en el modelo, para detectarla, se han considerado dos análisis:

- 1) Gráfico: Las figuras 1 a 7, representan diagramas de dispersión de las variables explicativas consideradas dos a dos. En un primer examen observamos que es posible encontrar problemas de correlación, que se incrementan a medida que ampliamos el horizonte temporal. Así, es el capital humano con el físico y con el incremento de la población (más la depreciación más la tasa de crecimiento del stock de conocimientos) los que parecen mejores candidatos para realizar un test.

Del mismo modo, para el capital físico y la población no es casi necesario realizarlo por la claridad de la figura A.4. Cuando además incluimos la renta en el año inicial,

también se suma a las que presentan una correlación más clara con el capital humano (Figuras A.5-7).

- 2) Coeficiente de correlación parcial de Pearson: Plantea la hipótesis nula de ausencia de correlación. El estadístico de contraste se construye a partir del coeficiente de correlación parcial muestral, $r_{yxj.c}$, del tamaño de la muestra, n , y del número de variables independientes.

Los resultados más destacados se encuentran en el cuadro A.1. En él se observa que la mayor correlación existe entre las variables de capital humano, capital físico, la renta en 1960 y población. Se aprecia que entre la renta en el año 1960 y el capital humano, las coeficientes no bajan del 85% y todos son significativos al 100%, cualquiera que sea el horizonte temporal que consideremos.

Por su parte, si consideramos el grado de significación, la siguiente correlacione que se mantiene al 100% es la del capital físico del año 1995 con la población, presentando un 84% de coeficiente. Aún siendo ya suficiente para comprender los problemas que conlleva el utilizar MCO, quedarían algunas correlaciones más que se pueden ver en el citado cuadro.

En último lugar es destacable que la variable de I+D no tenga ningún tipo de correlación significativa con el resto de las variables, en horizonte temporal alguno.

Lo anterior nos lleva a que, aunque la variable de I+D no parece tener una asociación lineal destacable, los resultados de las estimaciones cuando la incluimos se deterioran por la existente entre el resto de vbles explicativas.

Figura A.1
Correlaciones

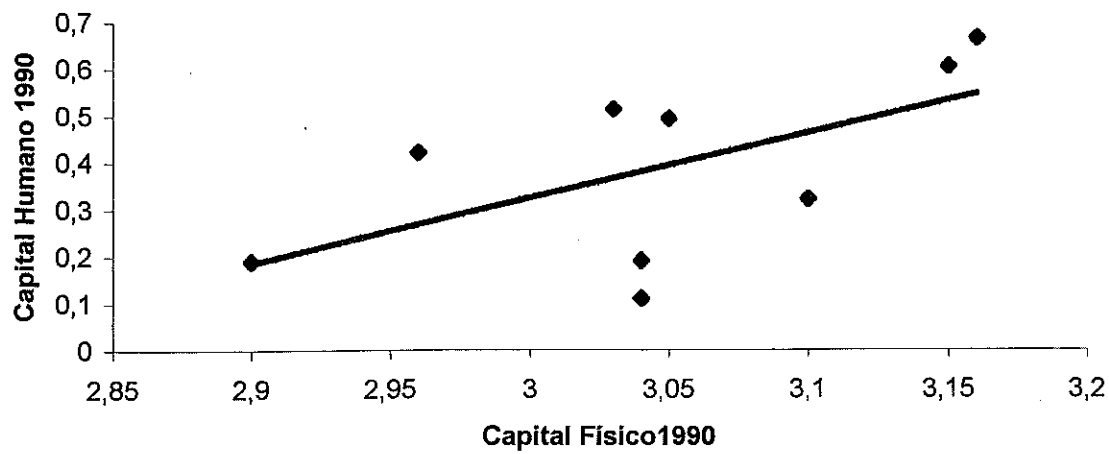
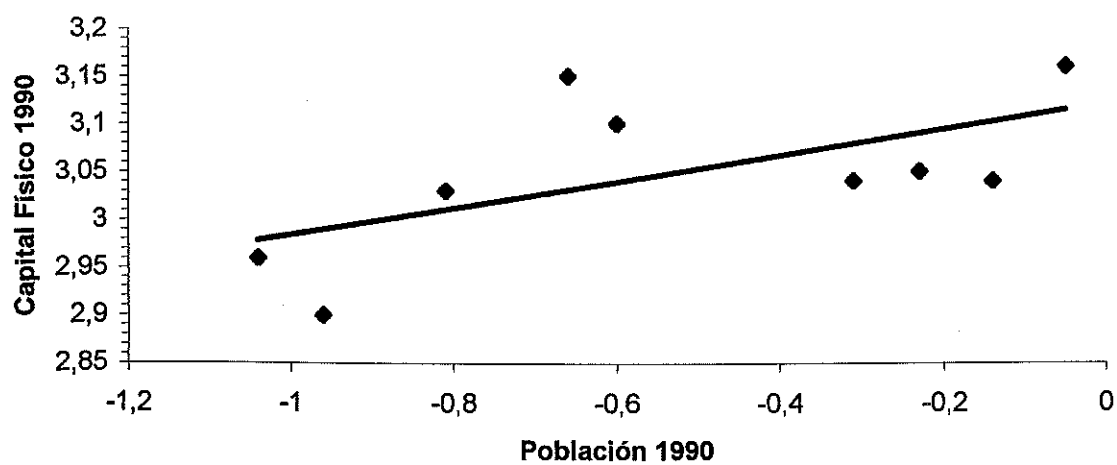


Figura A.2
Correlaciones



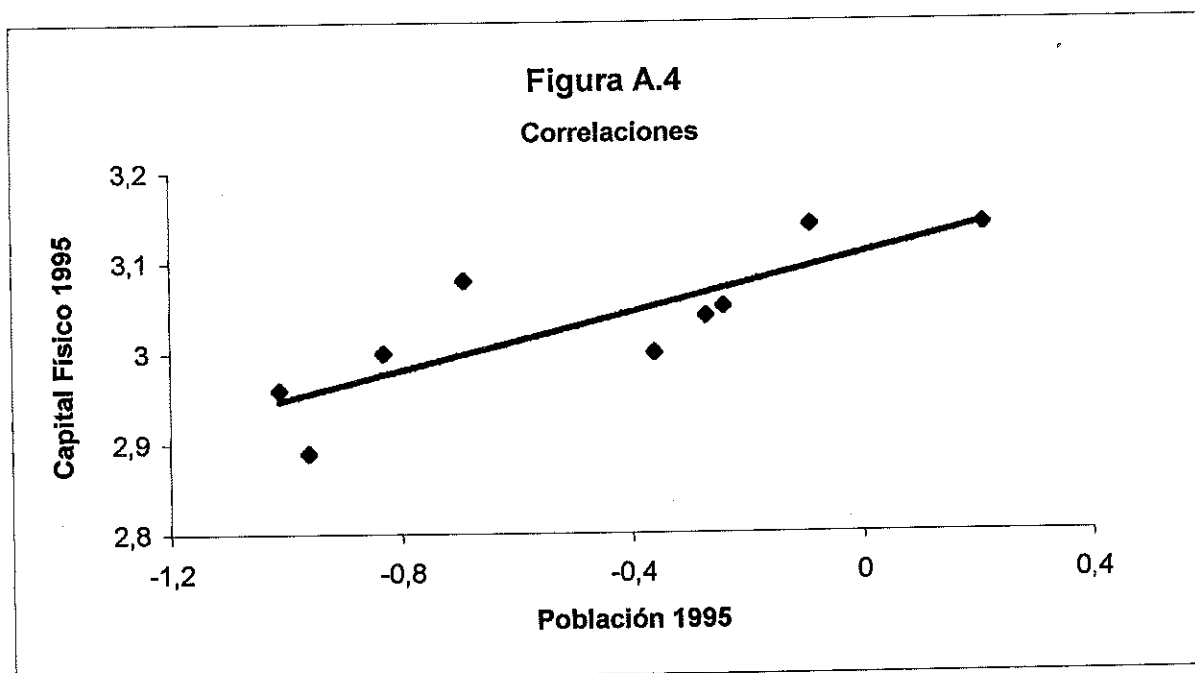
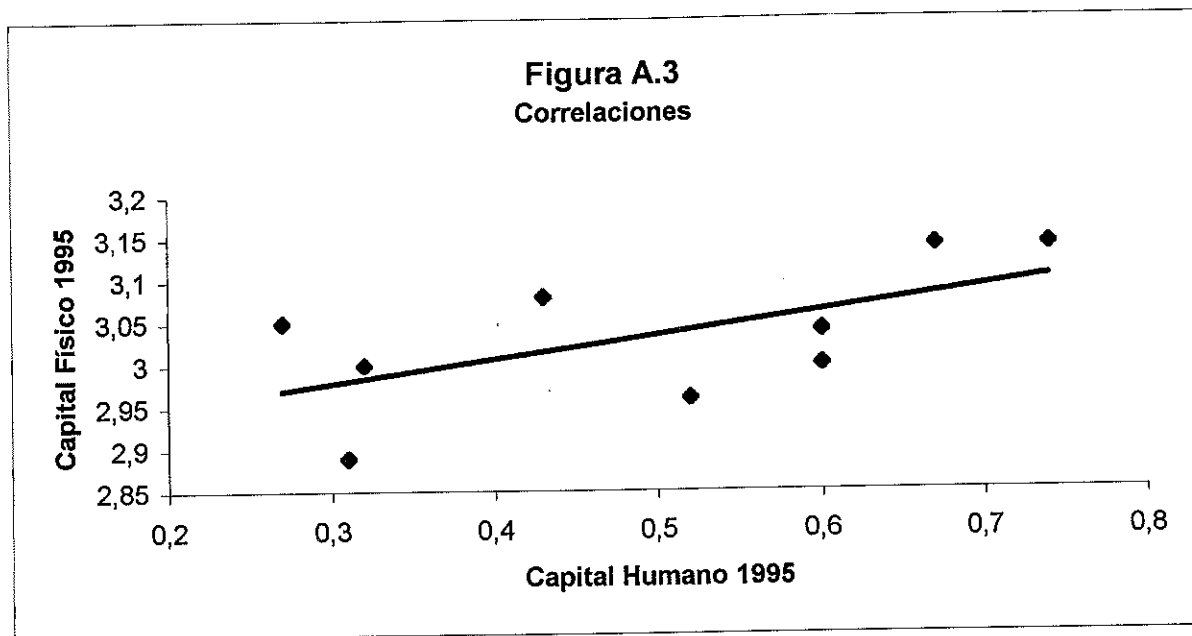


Figura A.5
Correlaciones

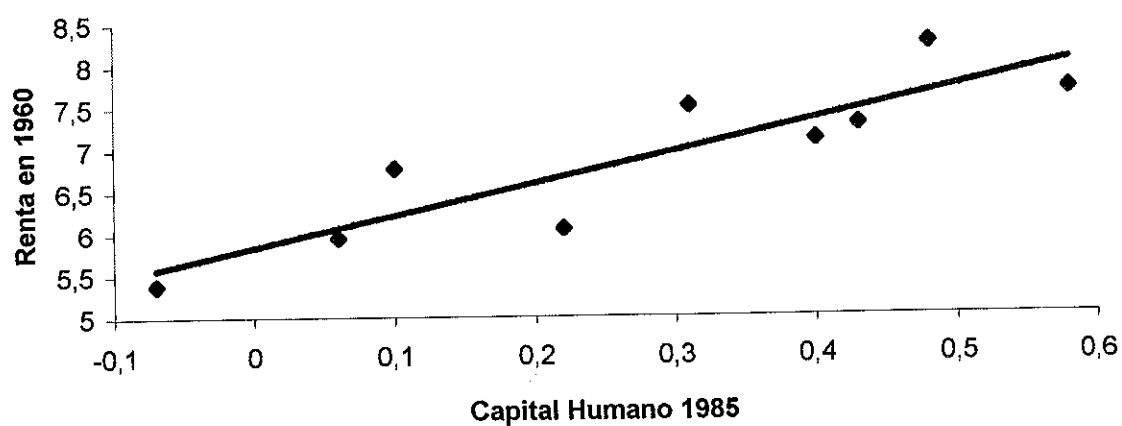


Figura A.6
Correlaciones

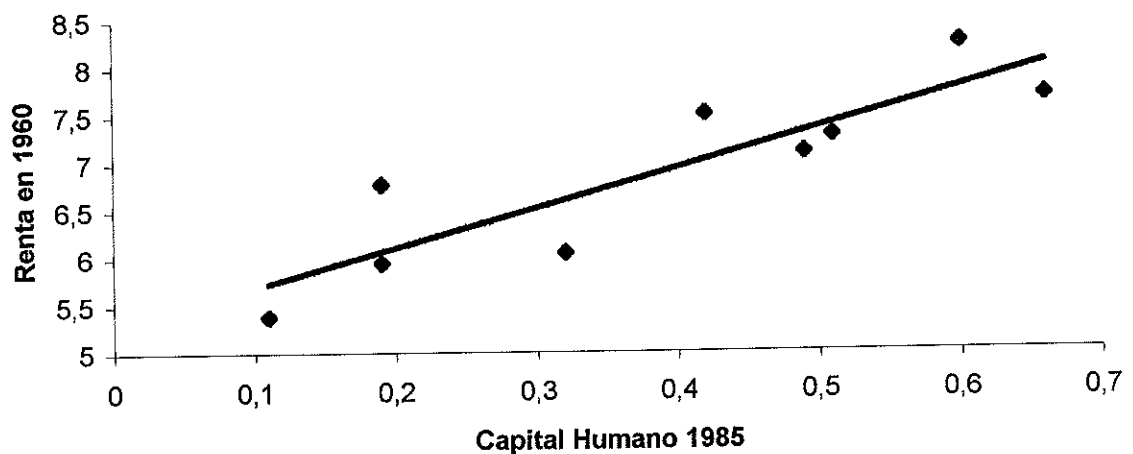
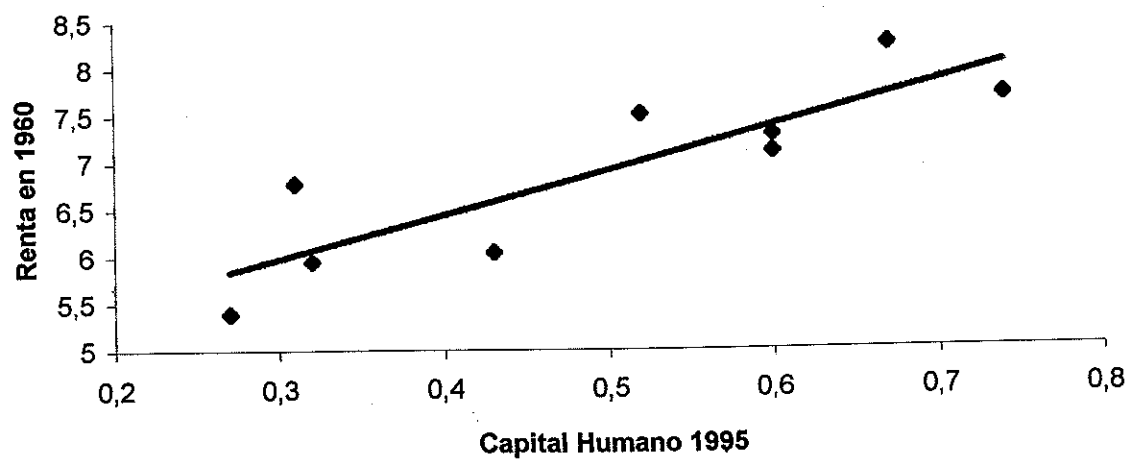


Figura A.7
Correlaciones



CUADRO A.1

Coefficiente de Pearson para las correlaciones entre las variables explicativas

	Capital Humano 1985	Capital Humano 1990	Capital Humano 1995	I+D 1985	Capital Físico 1985	Capital Físico 1990	Capital Físico 1995	Población 1985	Población 1990	Población 1995	Renta en 1960
Correlación de Pearson	Capital Humano 1985	1,00		-0,43	0,56	0,54	0,50	-0,31	-0,01	0,28	0,88
	Capital Humano 1990		1,00	-0,37	0,61	0,59	0,57	-0,31	0,04	0,35	0,88
	Capital Humano 1995			-0,32	0,63	0,61	0,59	-0,27	0,09	0,39	0,86
	I+D 1985	-0,43	-0,37	1,00	0,21	0,21	0,20	0,16	0,33	0,22	-0,54
	Capital Físico 1985	0,56	0,61	0,21	1,00	0,99	0,95	0,23	0,54	0,75	0,28
	Capital Físico 1990	0,54	0,59	0,21		1,00		0,32	0,60	0,79	0,25
	Capital Físico 1995	0,50	0,57	0,20	0,23	0,32	1,00	0,30	0,61	0,84	0,26
	Población 1985	-0,31	-0,31	0,16	0,54	0,60	0,61	1,00	1,00		-0,53
	Población 1990	-0,01	0,04	0,33	0,75	0,79	0,84			1,00	-0,31
	Población 1995	0,28	0,35	0,22	0,28	0,25	0,26	-0,53	-0,31	0,19	0,19
	Renta en 1960	0,88	0,88	-0,54						0,19	1,00
Sig. (bilateral)	Capital Humano 1985			0,24	0,11	0,14	0,17	0,46	0,98	0,47	0,00
	Capital Humano 1990			0,33	0,08	0,10	0,11	0,46	0,93	0,35	0,00
	Capital Humano 1995			0,40	0,07	0,08	0,09	0,53	0,81	0,30	0,00
	I+D 1985	0,24	0,33		0,58	0,59	0,61	0,70	0,38	0,57	0,14
	Capital Físico 1985	0,11	0,08	0,58				0,58	0,13	0,02	0,47
	Capital Físico 1990	0,14	0,10	0,59				0,44	0,09	0,01	0,52
	Capital Físico 1995	0,17	0,11	0,61	0,58	0,44	0,47		0,08	0,00	0,50
	Población 1985	0,46	0,46	0,70		0,09	0,08				0,18
	Población 1990	0,98	0,93	0,38	0,13	0,09	0,08				0,42
	Población 1995	0,47	0,35	0,57	0,02	0,01	0,00	0,18	0,42	0,63	0,63
	Renta en 1960	0,00	0,00	0,14	0,47	0,52	0,50	0,18	0,42	0,63	

BIBLIOGRAFÍA

- Aghion, Philippe y Howitt, Peter. (1992): " A Model of Growth Through Creative Destruction". *Econometrica*, Vol 60, núm 2 (Marzo), 323-351.
- Andrés, J.; Doménech, R. y Molinas, C. (1993): " Growth, Convergence and Macroeconomic performance in OECD countries: A closer look ", Mimeo
- Arrow, Kenneth J. (1962): " The Economic Implications of Learning by Doing". *Review of Economic Studies*, 29 (Junio), pp 155-173.
- Azariadis, Costas y Drazen, Allan. (1990): " Threshold Externalities in Economic Development". *Quarterly Journal of Economics*, 90, pp 501-526.
- Barro, R. y Lee J. W. (1994): " Sources of economic growth ", *Carnegie-Rochester Conference series on Public Policy* 40. 1-46
- Barro, Robert J. y Sala i Martin, Xavier (1994): " Economic Growth". McGraw-Hill, Economic series.
- Benhabib, J. y M. Spiegel (1992): " The role of human capital in economic development: evidence from aggregate cross-country and regional US data ". Mimeo. New York University.
- Benhabib, J. y M. Spiegel (1994): " The role of human capital in economic development: evidence from aggregate cross-country data ", *Journal of monetary economics* 34, 143-73.
- Buesa, Mikel (1992): " Política Tecnológica: Una Evaluación Global". *Economistas*, núm 52, Enero, pp 296-305.
- De la Fuente, A. y J.M. Da Rocha (1996): " Capital humano y crecimiento: Un panorama de la evidencia empírica y algunos resultados para la OCDE", *Moneda y crédito* nº 203, 43-84.
- De la Fuente, Angel. (1992): " Histoire d'A: Crecimiento y Progreso Técnico". *Investigaciones Económicas (Segunda Época)* Vol XVI, núm 3, pp 331-391.
- Denison, E. (1962): " Education, economic growth and gaps in information", *Journal of Political Economy*.
- Domar, Evsey D. (1947): " Expansion and Employment". *American Economic Review*, Vol 37, núm 1, pp 343-355.
- Dosi, G et al. (1988): " Technical Change and Economic Theory". Ed. Printer Publisher. Londres.
- Easterlin, Richard. (1981): " Why Isn't the Whole World Developed?". *Journal of Economic History*, XLI, pp 1-20.
- Fagerberg, Jan. (1988): " Why Growth Rates Differ". En Dosi, G; Freeman, C; Nelson, R; Silverberg, G; y Soete, L. (editores) *Technical Change and Economic Theory*. Printer Publisher, Londres.
- Freeman, Ch. (1982): " The Economics of Industrial Innovation". (2ª edición). F. Printer. Londres
- Galindo, Miguel A. Y Malgesini, G. (1994): " Crecimiento Económico: Principales Teorías desde Keynes". McGraw-Hill. Madrid.
- Harrod, Roy F. (1948): " Towards a Dynamic Economics". Londres, MacMillan.
- Krueger, Anne O. (1968): " Factor Endowments and per Capita Income Differences Among Countries". *Economic Journal*, LXXVIII, pp 641-59.
- Kuznets, S. (1966): " Modern Economic Growth. Rate, Structure and Spread". New Haven and London. Yale University Press.
- Kyriacou, G. (1991): " Level and growth effects of human capital: a cross-country study of the hypothesis ", Mimeo. New York University.

- Lafuente, Alberto; Salas, Vicente y Yagüe, M^a Jesús. (1985): "Productividad, Capital Tecnológico e Investigación en la Economía Española". Ed. Miner, Madrid.
- Lucas, Robert E. Jr. (1988): "On the Mechanics of Development Planing". *Journal of Monetary Economics*, Vol 22, núm 1, pp 3-42.
- Mankiw, N. Gregory; Romer, David; y Weil, David N. (1992): "A Contribution to the Empirics of Economic Growth". *Quarterly Journal of Economics*, Vol 107, núm 2, pp 407-437
- Martín, C. (1997): "España en la Nueva Europa", Alianza Editorial.
- Psacharopoulos, G. y Arriagada, A. (1986): "The educational composition of labour force: an international coparison", *International Labour Review* 125(s) 561-74.
- Raymond, José L. (1995): "Crecimiento Económico, Factor Residual y Convergencia en los Países de la Europa Comunitaria". *Papeles de Economía Española*, núm 63, pp 93-111.
- Romer, Paul M. (1986): "Increasing Returns and Long-Run Growth". *Journal of Political Economy*, Vol 94, núm 5, pp 1002-1037.
- Romer, Paul M. (1987): "Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization". *American Economic Review*, Vol 77, núm 2, pp 56-62.
- Romer, Paul M. (1990): "Endogenous Technological Change". *Journal of Political Economics*, Vol 98, núm 5, , part II, s71-s102.
- Schultz, T. (1960): "Capital formation by education", *Journal of political economy* 69, 571-83.
- Schultz, T. (1961): "Investment in human capital", *American economic review* 51, 1-17.
- Schumpeter, Joseph A. (1942): "Capitalism, Socialism and Democracy". Harper & Brothers, Nueva York.
- Sen, Amartya. (1970): "Growth Economics". Penguin Books Ltd, Harmondsworth, Inglaterra.
- Soete, Luc y Patel, Pari. (1985): "Recherche-Développement, Importations de Technologie et Croissance Economique. Une Tentative de Comparaison Internationale". *Revue Economique*, Vol 36, núm 5, Septiembre.
- Solow, Robert M. (1956): "A contribution to the Theory of Economic Growth". *Quarterly Journal of Economics*, Vol 70, núm 1, pp 65-95.
- Solow, Robert M. (1994): "Perspectives on Growth Theory". *Journal of Economic Perspectives*, Vol 8, núm 1, pp 45-54.
- Summers, Robert y Heston, Alan (1988): "A New Set of International Comparisons of Real Product and Prices Levels Estimates for 130 Countries, 1950-85". *Review of income and Wealth*, XXXIV, pp 1-26.
- Swan, Trevor W. (1956): "Economic Growth and Capital Accumulation". *Economic Record*, núm 32, pp 334-361.
- Uzawa, Hirofumi. (1965): "Optimal Technical Change in an Aggregative Equilibrium". *Review of Economic Studies*, 28 (Febrero), pp 117-124.

RESUMEN

Dentro de la economía del crecimiento se posee ya una amplia literatura con autores fuertemente consagrados. A pesar de ello, no existe ni un consenso ni una teoría definitiva, muy al contrario, conviven diferentes corrientes rivalizando entre sí.

Es a medio camino entre los partidarios del crecimiento endógeno y los neoclásicos donde se puede encuadrar el presente estudio con sus dos objetivos. Por una parte, replicar un modelo ya existente, limitándolo al caso de la Unión Europea. Por otra, introducir dentro del marco teórico propuesto una variable muy tratada, la I+D, pero con un punto de vista diferenciado.

Así, se han estimado las ecuaciones típicas del crecimiento y, posteriormente, se ha contrastado el alcance y robustez de los resultados con procedimientos no tan usados en esta literatura.

PALABRAS CLAVE: Crecimiento económico, Capital humano, I+D, Convergencia, Cambio técnico, Unión Europea.

ABSTRACT

Nowadays, the economic of growth has a wide literature and also great economists are working on it, but far away from owning a final theory, several schools rival each other.

This analysis can be placed halfway between the followers of endogenous growth and the neoclassicals. The purpose is twofold. On the one hand, it retorts a neoclassical model but only for the European Union. On the other hand, we introduce a common variable, the R&D, from a different point of view.

So, the typical growth equations have been estimated, and following, the reach and strenght of the results have been contrasted with process less used in this literature.

KEY WORDS: Economic of Growth, Human Capital, R&D, Convergence, Technical Change, European Union.